

Evaluation der Lage zentralvenöser Katheter bei spontan atmenden Patienten

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Jessica Leitsmann (geb. John)
geboren am 9.12.1982 in Jena

Gutachter

1. Prof. Dr. med. habil. Konrad Reinhart, Jena
2. Prof. Dr. med. habil. Samir Sakka, Köln
3. PD Dr. med. habil. Wolfram Schummer, Suhl

Tag der öffentlichen Verteidigung: 06.03.2012

1. Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body Mass Index
IDIR	Institut für diagnostische und interventionellen Radiologie der Universitätsklinik Jena
LAV	linke Vena brachiocephalica
LIJV	linke Vena jugularis interna
LSV	linke Vena subclavia
PACS	Patient Archiving and Communication System (Image Devices GmbH, Idstein, Germany)
RAV	rechte Vena brachiocephalica
RTBW	rechter tracheobronchialer Winkel
RIJV	rechte Vena jugularis interna
RSV	rechte Vena subclavia
SD	Standardabweichung
TEE	transösophageale Echokardiographie
ZVK	zentralvenöser Katheter

2. Inhaltsverzeichnis

1.	Abkürzungsverzeichnis	3
2.	Inhaltsverzeichnis	4
3.	Zusammenfassung	6
4.	Einleitung	7
5.	Historischer Abriss	8
6.	Theoretische Grundlagen	10
a.	Die Venen	10
b.	Die Indikationen und Kontraindikationen	13
c.	Der Katheter	14
d.	Die Anlagetechnik	15
e.	Die Komplikationen	16
i.	Überblick	16
1.	<i>Periprozedurale Komplikationen</i>	17
2.	<i>Frühkomplikationen</i>	17
3.	<i>Spätkomplikationen</i>	18
ii.	Komplikationen	18
1.	<i>arterielle Fehlpunktion und Hämatom</i>	18
2.	<i>Pneumo-, Hämato- und Chylothorax</i>	19
3.	<i>Luftembolie</i>	20
4.	<i>Katheterinfektionen</i>	21
5.	<i>Katheterfehlage, - migration und - dysfunktion, Perforation, Herzbeuteltamponade</i>	23
6.	<i>Katheterbruch und Extravasation</i>	26
7.	<i>Venenthrombosen und Gefäßverschluss</i>	27
f.	Die Lagekontrolle	28
i.	EKG – unabhängige Lagekontrolle	28
ii.	EKG – abhängige Lagekontrolle	29
7.	Ziele der Arbeit	32
8.	Methodik	33
a.	Patientengut	33
b.	Demographie	34
c.	Methodik der ZVK – Anlage	38
i.	Lagerung des Patienten und vorbereitende Untersuchungen	38
ii.	Vorbereitung des Arbeitsplatzes	39
iii.	Injektion des Lokalanästhetikums	40
iv.	Aspiration von Blut und Einbringen des Führungsdrahtes	41
v.	Der Führungsdraht und der Dilatator	42
vi.	Einbringen des Katheters	43
vii.	EKG – Kontrolle	44
viii.	Positionierung des Katheters	45
ix.	Fixierung des Katheters	46
x.	Aspirationskontrolle	47
xi.	Säubern, Verbinden und Dokumentation	48
d.	Methodik der Datenerhebung	49
i.	Übersicht über die anatomischen Verhältnisse	49
ii.	Aufsuchen des rechten tracheobronchialen Winkels	52
iii.	Messen der Distanz zwischen rechtem tracheobronchialen Winkel und der Katheterspitze	52
iv.	Messen des Winkels	53

9.	Ergebnisse	57
a.	Allgemein	57
b.	Fehllagen und aufgetretene Komplikationen	58
c.	Vorhersage auf freie Aspirierbarkeit	66
d.	Couples	68
e.	BMI	73
10.	Diskussion	77
a.	Allgemein	77
b.	Häufigkeitsverteilung der punktierten Seite	78
c.	Fehlpunktionen und Fehllagen	78
d.	Azygosmalposition	79
e.	Einfluss der Armposition	80
f.	Einfluss des Körpergewichtes	81
g.	Einfluss der Atembewegung	81
h.	Weitere Ausschlussgründe	82
i.	Abstand der Katheterspitze vom RTBW	83
j.	Couples	83
k.	BMI	84
l.	Vorhersagen	85
11.	Schlussfolgerung	87
12.	Glossar	89
13.	Abbildungsverzeichnis	91
14.	Tabellenverzeichnis	93
15.	Literatur- und Quellenverzeichnis	94
16.	Lebenslauf	99
17.	Danksagung	100
18.	Ehrenwörtliche Erklärung	101

3. Zusammenfassung

In der modernen Medizin haben sich zentrale Venenkatheter als unverzichtbarer Bestandteil erwiesen. Ihre Anlage mittels Seldinger – Technik hat sich als Routineverfahren etabliert und von diversen Möglichkeiten zur Kontrolle der korrekten Lage hat sich - in Deutschland - die EKG vermittelte Anlage gegenüber der postoperativen Röntgen – Thorax – Kontrollaufnahme weitgehend durchgesetzt.

Bei zuvor durchgeführten Arbeiten war unter Patienten der Intensivstation des Universitätsklinikums Jena auf den Röntgen – Thorax – Bildern bei linksseitigen Punktionen eine erhöhte Inzidenz von kritischen Winkeln zur lateralen Wand der Vena cava superior festgestellt worden. Alle Patienten dieser Studie waren bis auf Ausnahmen beatmet. Ein negativer Einfluss der Beatmung auf das Fehllagerisiko konnte somit nicht ausgeschlossen werden. Deshalb wurde eine retrospektive, randomisierte Studie an 193 onkologischen Patienten, welche den ZVK im Rahmen ihrer Chemotherapie bekommen haben, durchgeführt, um das Fehllagerisiko von zentralen Venenkathetern bei spontan atmenden Patienten evaluieren zu können.

Dabei wurde bei 73 Patienten rechts- und bei 120 Patienten linksseitig punktiert.

Gerade bei onkologischen, zum Teil schon voroperierten Patienten, die mehrfach nacheinander im Abstand von vier Wochen eine Chemotherapie bekommen, sollte man zur Schonung des rechten Gefäßes auch die Vena jugularis interna sinistra punktieren. Dass dies auf Grund der anatomischen Verhältnisse – zwei rechtwinklige Kurven im Gefäßverlauf – kein unermesslich großes Risiko für Fehlpositionierungen birgt, bestätigen die von uns durch Präzisierung der Anlagetechnik erzielten Ergebnisse bei den nicht beatmeten Patienten. So kam es insgesamt lediglich bei 15 Patienten - 8 % - nach linksseitiger Punktion zu einem Winkel von mehr als 40° zwischen Katheterspitze und Wand der Vena cava superior. Hervorzuheben ist auch, dass erstmals mit dem rechten tracheobronchiale Winkel bei nicht beatmeten Patienten gearbeitet wurde. Das Problem der Kathetermigration zum Beispiel aufgrund von Armbewegungen, Lageveränderung des Patienten oder Atemexkursion scheint sich im Rahmen dieser Arbeit ebenso zu bestätigen wie die Tendenz erhöhter Komplikationsraten bei Patienten mit einem krankhaft erhöhten oder erniedrigten BMI. Die Vermutung anhand der freien Aspirierbarkeit von Blut über alle ZVK – Lumina einen Rückschluss auf die korrekte Lage des ZVK ziehen zu können, traf jedoch nicht zufriedenstellend zu und bietet einen weiteren Forschungsansatz.

4. Einleitung

Die Anforderungen, die an einen zentralen Venenverweilkatheter gestellt werden, sind zuverlässige Funktion und größtmögliche Sicherheit. Der Katheter sollte dem Patienten in möglichst optimaler Position einen hohen funktionalen Nutzen bringen ohne ihn dabei zu gefährden. Um dies zu ermöglichen, erscheint es sinnvoll ein sicheres, einheitliches und zugleich einfach reproduzierbares Verfahren zum Positionieren eines zentralen Venenkatheters zu entwickeln, welches dennoch individuell auf die anatomischen Gegebenheiten des jeweiligen Patienten einzugehen vermag.

Im Rahmen dieser Arbeit soll im theoretischen Abschnitt zunächst ein Schwerpunkt im Sinne einer Zusammenfassung auf katheter- und punktionsassoziierte Komplikationen gelegt werden, sowie die Anlagetechnik, die anschließende Lagekontrolle, die Indikationen und die Kontraindikationen erwähnt werden. Im anschließenden Methodikteil rücken sowohl die modifizierte Anlagetechnik nach Seldinger sowie deren schrittweise praktische Umsetzung als auch die Datenerhebung mittels Patientenaktenauswertung und Analyse von Röntgen – Thorax – Bildern in den Betrachtungsmittelpunkt. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden in den anschließenden Kapiteln dargestellt und ausgewertet.

5. Historischer Abriss

„Es braucht mehr als nur einen klugen Gedanken eines Mannes, um technischen Fortschritt zu erlangen!“

(asiatische Weisheit)

Im Jahre 1885 fertigte Conrad Röntgen erstmals ein Durchleuchtungsbild an und legte so einen wichtigen Grundstein auf dem Weg zum heutigen Stand der Lagekontrolle zentral platzierter Venenkatheter, denn noch heute wird – weltweit – wie vor 80 Jahren zur Kontrolle der Lage der Katheterspitze in den meisten Kliniken ein Röntgenbild des Brustkorbes aufgenommen. Auch der niederländische Arzt Willem Einthoven, der zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Vorrichtung konstruiert hatte, mit der man auf der Hautoberfläche erstmals die durch die elektrische Aktivität des Herzens verursachten elektrischen Ströme messen konnte, trug maßgeblich dazu bei, dass man die Spitze des zentralen Venenkatheters (ZVK) heute elektrokardiographisch gesteuert positionieren kann (Einthoven 1903).

Ausschlaggebende Forschungen und Experimente zur Begründung der modernen Kreislaufphysiologie führte unter anderem der englische Physiologe und Physiker Stephen Hales zu Beginn des 18. Jahrhunderts durch. In der von Hales 1733 veröffentlichten Arbeit beschreibt er ausgehend von Untersuchungen zur Physiologie der Muskelbewegung erstmals die tierexperimentelle intravasale Bestimmung des arteriellen und venösen Blutdrucks (Hales 1733).

Es folgten zunächst weitere Tierexperimente, aber auch erste Versuche an freiwilligen Probanden. Besondere Bedeutung kommt aber dem deutschen Arzt Werner Forßmann zu, der 1929 in einem heroischen Selbstversuch die erste zentralvenöse Katheterisierung durchführte (Forßmann und W. 1929). Dabei legte er eine Vene in der linken Ellenbeuge frei und führte sich einen 65 cm langen Ureterkatheter bis zum rechten Herzen. Anschließend dokumentierte er dies in Durchleuchtungsbildern. Die Grundlage für seine Experimente waren zum einen vorherige Versuche an Leichen, bei denen die Katheter mit einer für Forßmann überraschenden Leichtigkeit eingeführt werden konnten und zum anderen seine Idee der möglichen Applikation von Notfallmedikamenten nachdem der Katheter in den rechten Vorhof gelegt worden ist ohne die Gefahren, welche eine perkutane intrakardiale Injektion eventuell zur Folge haben könnte.

Ein für die Kardiologie neues Verfahren wurde 1949 von Hellerstein beschrieben. Über einen einlumigen, mit Kochsalz gefüllten zentralvenösen Katheter konnte er elektrische Potenziale aus dem Vorhof des Herzens ableiten. In seiner Veröffentlichung verglich er die Ergebnisse der Ableitung über eine Flüssigkeitssäule als Elektrolytleiter mit denen über einen Metalldraht, dem so genannten German Silberdraht (Hellerstein 1949).

Ein weiterer Meilenstein gelang 1952 dem französischen Arzt Aubaniac, der erstmals den subclaviculären Zugang zum zentralen Venensystem als Alternative zur Anlage über die Armvene erfolgreich durchführte und beschrieb dies als andere Möglichkeit zum Zugang über die Vena femoralis bei der Schocktherapie kriegsverletzter Soldaten (Aubaniac 1952).

Die Entwicklung eines Führungsdrahtes für die Katheterisierung erfolgte durch den schwedischen Radiologen Sven – Ivar Seldinger im Jahre 1953 (Seldinger 1953). Der nach ihm benannte Seldinger – Draht und damit die Katheteranlage im so genannten Seldinger – Verfahren ist aus der heutigen Praxis nicht mehr wegzudenken.

In den folgenden Jahren wurde unter klinischer Anwendung sowohl an der Verbesserung der Anlagetechnik zentralvenöser Katheter, als auch an der anschließenden Lagekontrolle der Katheterspitze geforscht. Dabei wurde vor allem nach nicht – invasiven Verfahren zur Identifikation der Katheterspitze in der Vena cava superior gesucht und unter anderem mit Verfahren wie der transösophagealen Echokardiographie (Reynolds et al. 2001), dem Ultraschall (Ohki et al. 2000) oder der Doppler – Sonographie (Radke 1990) experimentiert. Jedoch konnte sich keines dieser Verfahren in der klinischen Routine etablieren, sodass die Forschung bis zum heutigen Tage anhält.

6. Theoretische Grundlagen

Ein zentralvenöser Katheter (ZVK) ermöglicht es Patienten über eine großvolumige und herznahe Vene schnell hochkonzentrierte Medikamente und Lösungen zuzuführen ohne die Vene in dem Maße zu reizen wie es der Fall wäre, würde man diese Substanzen über ein peripheres Gefäß applizieren. Aufgrund des geringen Blutflusses in peripheren Gefäßen kann es zusätzlich zu Thrombosen und im Fall einer Extravasation auch zu Nekrosen kommen. Dass man eine Schädigung des zentralen Gefäßes nicht gänzlich ausschließen kann, liegt auf der Hand. Daher erscheint es umso wichtiger den Katheter exakt in die obere Hohlvene (Vena cava superior) zu positionieren, möglichst wenig die Gesundheit des Patienten gefährdend und dennoch die therapeutische Funktionalität gewährleistend. Dies ist gerade bei onkologischen Patienten von Bedeutung, die über einen längeren Zeitraum Chemotherapeutika via ZVK appliziert bekommen.

a. Die Venen

Bei der Anlage eines ZVK möchte man im Allgemeinen zunächst verlässlich eine Vene lokalisieren, in welche man sicher und problemlos einen Katheter platzieren kann. Dabei liegt das Hauptaugenmerk in der Regel mehr auf der erfolgreichen Punktion eines Gefäßes und der Vermeidung damit im Zusammenhang stehender Komplikationen und weniger auf der exakten Platzierung des Katheters in der Vene. Bei Recherchen der diesbezüglichen Literatur wird aber schnell klar, dass gerade in der exakten Platzierung einer ZVK – Spitze eine Möglichkeit zur Verbesserung der Patienten - Sicherheit gegeben ist.

Als Zugangswege kommen unter anderem die in Abbildung 6 – 1 Zusammengefassten in Betracht, wobei für eine zentrale Punktion am häufigsten die Vena jugularis interna und die Vena subclavia genutzt werden. Um das Risiko für Endothelschäden und Thrombosierungen möglichst gering zu halten, sollte gerade bei hochkonzentrierter Infusionstherapie auf einen hohen Blutfluss, sowie einen entsprechend großen Venendurchmesser geachtet werden. Dies ist bei den so genannten zentralen Venen der Fall, wobei es keine klare Definition gibt, welche Venen als zentrale und welche als periphere anzusehen sind.

Zugänge:

- *Zentral:*
 - Vena jugularis interna
 - Vena jugularis externa
 - Vena subclavia
 - Vena anonyma (syn. Vena brachiocephalica)
 - Vena femoralis (für Notfälle)
- *Peripher:*
 - Vena basilica
 - Vena mediana cubiti
 - Vena cephalica
- selten genutzter Zugang zur *Vena cava superior:*
 - Interkostalvenen
- selten genutzte Zugänge zur *Vena cava inferior:*
 - translumbal
 - transhepatisch

Abb. 6 – 1: Übersicht der Zugangswege

Im Allgemeinen bezeichnet man die intrathorakal gelegenen, klappenlosen und herznahen, venösen Gefäße als zentrale Venen. Diese sind in der Abbildung 6 – 2 dick gezeichnet.

Anhand anatomischer Landmarken wie dem Musculus sternocleidomastoideus oder dem Carotispuls lässt sich die Vena jugularis interna im lateralen Halsbereich recht einfach finden und auch sonographisch darstellen. Hinzu kommt, dass die großvolumige Vena jugularis interna an den Musculus sternocleidomastoideus fixiert und, wenn der Patient liegt, fast immer – Ausnahmen sind beispielsweise Schockzustände – gut gefüllt und nicht kollabiert ist.

Aufgrund des anatomischen Verlaufes sollten gerade ungeübte Punkteure der Vena jugularis interna dextra den Vorzug zur ZVK – Anlage geben. Gerade bei onkologischen zum Teil schon voroperierten Patienten, die mehrfach nacheinander im Abstand von vier Wochen eine Chemotherapie erhalten, sollte man zur Schonung des rechten Gefäßes auch die Vena jugularis interna sinistra punktieren. Dass dies trotz der anatomischen Verhältnisse - zwei nahezu rechtwinkelige Kurven im Gefäßverlauf - kein unermesslich großes Risiko für Fehlpositionierungen birgt, scheint sich durch die von uns durch Präzisierung der Anlagetechnik erzielten und im Folgenden diskutierten Ergebnisse zu bestätigen.

Eine Alternative zur Vena jugularis interna stellt der Zugangsweg über die Vena subclavia dar. Durch deren Fixation an die Clavicula und das die Faszien umgebende mediastinale Gewebe ist sie im Gegensatz zu der häufig im Schock

schon kollabierten Vena jugularis interna immer offen, gut zugänglich und in der Regel einfach zu lokalisieren.

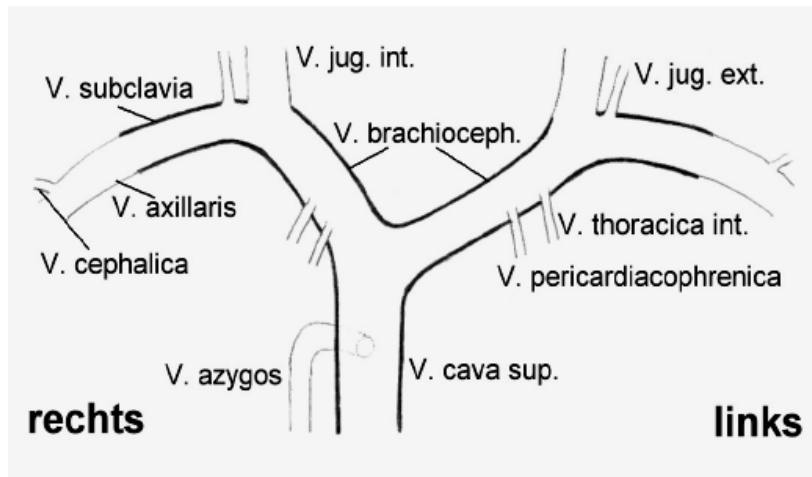


Abb. 6 – 2: Übersicht der zentralen (dick gezeichneten) Venen

Ein deutlicher Nachteil der Subclavia – Punktion scheint die anatomische Nähe zur Lunge und damit gegenüber anderen zentralen Zugangswegen eine erhöhte Pneumothoraxraten zu sein. In der Literatur variiert die Pneumothoraxrate zwischen 1,5 % (Mansfield et al. 1994) und 4,3 % (Cajozzo et al. 2004). Daher sollte bei einseitigen Lungenerkrankungen nicht die gesunde Seite punktiert werden. Ein weiterer schwerwiegender Nachteil ist die unzureichende beziehungsweise zum Teil auch unmögliche Kompressionsmöglichkeit der Vena subclavia, sodass es bei der Punktion zu nicht beherrschbaren Blutungen in Haut und Brustkorb (Hämatothorax) kommen kann.

Ein weiterer zentraler Zugangsweg kann in einem technisch relativ einfachen Verfahren über die möglicherweise von außen gut sichtbare Vena jugularis externa gelingen. Beachtet werden sollten die häufigen Fehllagen, da der Katheter in kleinere Gefäße, die von der Vena jugularis externa abgehen, abweichen kann.

Eine Sonderstellung kommt der Vena femoralis zu, da diese sich aufgrund ihres großen Durchmessers einfacher punktieren lässt und sich so als Zugangsweg für temporäre Katheter im Notfall eignet. Diese sollten wegen der erhöhten Rate an Komplikationen und Infektionen aber nur kurz belassen werden (Coolignon et al. 1988).

Im Fall einer vollständigen Okklusion der üblichen zentralen Zugangswege zum Beispiel durch Thromben, Narben oder Raumforderungen können auch unkonventionelle Zugänge in Betracht gezogen werden. Zu diesen zählen unter anderem der transhepatische und translumbale Zugangsweg über die Vena cava

inferior, die Punktion der Vena jugularis externa, aber auch die Punktion der Interkostalvenen zur Katheterisierung der Vena cava superior (Kaufman et al. 1991, Forauer et al. 2000).

Prinzipiell kann ein zentraler Venenkatheter auch über eine periphere Vene wie die Vena cephalica, die Vena basilica oder die Vena mediana cubiti gelegt werden. Die Anlage ist zwar komplikationsarm, aber nicht immer möglich, da man unter Umständen den Katheter nur ungenügend weit vorschieben kann. Außerdem sind aufgrund des langen Katheterverlaufes Komplikationen wie Phlebitiden und Thrombosen recht häufig, sodass der Katheter nur kurzfristig belassen werden kann.

b. Die Indikationen und Kontraindikationen

Zentrale Venenkatheter haben in den letzten Jahren besonders in der Anästhesie und in der Intensivmedizin, mit Abstrichen auch in der Notfallmedizin, als medizinische Routinemaßnahmen an Bedeutung gewonnen, sodass in Deutschland jährlich bis zu 1,5 Millionen ZVK – Sets verbraucht werden (persönliche Mitteilung B. Braun Melsungen AG, 2000) und in den USA jährlich über 6 Millionen zentrale Venenkatheter gelegt werden. Bevor man die Indikation zur Anlage eines zentralen Venenverweilkatheters stellt, sollte man die Dringlichkeit und den erwarteten therapeutischen Nutzen gegenüber den absoluten, beziehungsweise den relativen Kontraindikationen und die Risiken, sowie die möglichen Komplikationen abwägen. Im Gegensatz zu peripheren Zugängen können über einen zentralen Venenkatheter hochkonzentrierte Elektrolyt- und Nährstofflösungen appliziert werden. Außerdem kann man kontinuierlich den zentralvenösen Druck zur Abschätzung des intravaskulären Volumens und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung messen. Die Anlage eines zentralen Venenkatheters ist allerdings aufwendiger und komplikationsträchtiger als die eines peripheren Katheters und daher sollte eine klare Indikation vorliegen. Solche Indikationen sind unter anderem die notwendige Applikation von stark venenreizenden hyperosmolaren Lösungen oder Medikamenten wie beispielsweise Chemotherapeutika, Natrumbikarbonat, Kaliumchlorid oder Nährstofflösungen mit hoher Osmolarität im Rahmen der parenteralen Ernährung, aber auch die Infusion von kreislauf- und herzwirksamen Medikamenten mit sehr kurzer Halbwertszeit wie zum Beispiel Katecholaminen, sowie langfristige Infusionstherapien. Unter Umständen kann ein peripherer

Infusionszugang aufgrund schlechter peripherer Venenverhältnisse unmöglich sein. Dies ist beispielsweise im Rahmen eines Schocks (vor allem bei Volumenmangelschock und septischen Schock), aber auch bei ausgedehnten Verbrennungen, Dehydratation, Polytrauma, Hypothermie und rezidivierenden peripheren Punktionen der Fall. Weitere spezielle Indikationen zur ZVK – Anlage sind unter anderem der Verdacht auf eine Lungenembolie, sowie die Entnahme von Blut zur Blutgasanalyse. Absolute Kontraindikationen sind selten und nach Risiko – Nutzen – Abschätzung kann trotz relativer Kontraindikation die Anlage eines zentralen Venenverweilkatheters in Erwägung gezogen werden, da es sich meist um sehr kranke Patienten handelt. Zu diesen relativen Kontraindikationen zählen unter anderem schwere chronische und akute Lungenerkrankungen, Erkrankungen des Blutgerinnungssystems, bekannte anatomische Fehlbildungen und das damit verbundene erhöhte Risiko für Fehlpunktion, sowie Allergien auf das ZVK – Material. Die Abbildung 6 – 3 gibt eine Übersicht weiterer möglicher Kontraindikationen.

Kontraindikationen:

- a) *für Punktionen der Halsvenen*
 - HWS – Trauma
 - vorherige oder geplante Operation im Punktionsbereich
- b) *für Punktion der tiefen Halsvenen*
 - schweres Schädel – Hirn – Trauma
 - zentrale Durchblutungsstörung
 - ein- oder beidseitige Karotisstenose
 - kurzer, dicker Hals
 - kontralaterale Thorakotomie
- c) *für Punktionen der tiefen Halsvenen und der Vena subclavia*
 - kontralaterale Phrenikus – oder Rekurrenzparese
 - kontralateraler Pneumothorax
 - kontralaterale Lungenkontusion
 - kontralaterales Horner - Syndrom

Abb. 6 – 3 Übersicht weiterer Kontraindikationen

c. Der Katheter

Aufgrund der unzähligen unterschiedlichen Indikationen für einen zentralen Venenkatheter gibt es in fast ebenso großer Anzahl verschiedene Systeme und Katheter. Da die Auswahl des jeweiligen Katheters auf die individuelle Situation des Patienten abgestimmt werden sollte, ist es durchaus sinnvoll, sich einen kurzen Überblick zu verschaffen. Zum einen unterscheidet man temporäre von permanenten Kathetern, wobei die temporären zum Beispiel im Zusammenhang mit

Volumensubstitution in der Notfall- und Intensivmedizin genutzt werden, während permanente, meist aus Silikon bestehende, Katheter beispielsweise in Form eines Portsystems für die Chemotherapieapplikation verwendet werden. Die häufig aus Polyurethan bestehenden Kurzzeitkatheter sind bei Raumtemperatur zweckmäßig steif und stabil. Daher lassen sie sich gut vorschieben. Unter Körpertemperatur werden sie weicher und flexibler. Sie können sich so besser an die individuellen anatomischen Gegebenheiten eines Gefäßes anpassen. Dadurch irritieren sie die Gefäßwand weniger und das Thromboserisiko wird gesenkt (Pottecher et al. 1984, Curelaru et al. 1984). Auch die abgerundete Katheterspitze, sowie die möglichst glatten und widerstandslosen Oberflächeneigenschaften des Katheters spielen eine wichtige Rolle, um das materialbedingte Komplikationsrisiko zu senken. Des Weiteren lassen sich die Katheter, wie in Abbildung 6 – 4 dargestellt, differenzieren, wobei die angegebenen Liegezeiten lediglich Empfehlungen darstellen. Die durchschnittliche Liegezeit der Katheter bei den von uns untersuchten Patienten, denen der ZVK im Rahmen einer Chemotherapie gelegt worden ist, beträgt 5 Tage.

Bezeichnung	Liegezeiten
<i>Periphere intravenöse Katheter</i>	48 (-72)h
<i>Zentralvenöse Kurzzeitverweilkatheter</i> (nicht getunnelt, ohne Manschette) - Ein- / Drei – Lumen – Katheter (non silastic) - Centrasil – Katheter aus Silikon	2 – 3 Wochen
<i>Zentralvenöse Silikonlangzeitkatheter</i> (getunnelt, mit Manschette) - einlumig nach Broviac, Hickman oder Groshong - zwei- oder dreilumig nach Raaf - zweilumig nach Quinton – Raaf für Hämodialyse und Plasmapherese	Mehrere Monate
<i>Subkutan implantierte zentralvenöse Portkatheter</i>	Mehrere Monate bis Jahre

Abb. 6 – 4 Differenzierungsmöglichkeiten und Liegezeiten venöser Katheter (Raaf 1994)

d. Die Anlagetechnik

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Anlagetechniken, deren Beschreibung hier nicht Gegenstand sein soll. Im klinischen Alltag ist die auch von uns praktizierte Anlage nach Seldinger sehr verbreitet. Diese wurde jedoch im Rahmen dieser Arbeit

modifiziert. Eine detaillierte Fotodokumentation über die schrittweise praktische Umsetzung dieser modifizierten Anlagetechnik erfolgt im Methodikteil.

e. Die Komplikationen

i. Überblick

In unterschiedlichen Studien wurden Komplikationsraten von 5 – 20 % dokumentiert. Generell ist zu vermuten, dass die Komplikationsrate von der Erfahrung des Punkteurs abhängig ist, so scheinen bei „Anfängern“ doppelt so häufig Komplikationen aufzutreten wie bei erfahreneren Kollegen (Mansfield et al. 1994). Es handelt sich dabei aber eher um mechanische Komplikationen (Bernard und Stahl 1997), während bei einem Arzt mit entsprechender Punktionserfahrung zwar weniger, dafür aber zum Teil folgenschwerere Komplikationen auftreten. Allerdings sollte man bedenken, dass sich ein „Anfänger“ unter Umständen eher einen einfacheren, komplikationsärmeren Zugang zum Beispiel über die rechte Vena jugularis interna wählt. Der geübte Punkteur muss dagegen im Zweifelsfall einen risikoreicheren Zugang in Erwägung ziehen, da er zum einen nach gescheitertem Versuch der ZVK-Anlage hinzugezogen wurde, oder es sich um einen bereits mehrfach punktierten Patienten handelt, bei dem man zum Schutz des Gefäßes die Seite wechseln sollte oder der Patient eher schlechte Venenverhältnisse hat.

Des Weiteren wird das Komplikationsrisiko auch von patienteneigenen Risikofaktoren, wie vorhandenen Grund- und Begleiterkrankungen, Voroperationen und Abweichungen von der anatomischen Normvariation beeinflusst (Benter et al. 2001). Außerdem spielen materialbedingte Faktoren, sowie die Wahl des Zugangs eine nicht unerhebliche Rolle.

Aufgrund der Abhängigkeit der Komplikationsrate von der Verweildauer des Katheters erscheint es sinnvoller in periprozedurale, Früh- und Spätkomplikationen zu unterteilen als nach der Häufigkeit des Auftretens.

1. Periprozedurale Komplikationen

Unter periprozeduralen Komplikationen versteht man jene, die zeitgleich mit der Anlage eines zentrale Venekatheters auftreten können. Sie sind in Abbildung 6 - 5 zusammengefasst.

Periprozedurale Komplikationen:

- arterielle Fehlpunktion
- Hämatom
- Luftembolie
- Pneumothorax
- Katheterfehlage
- Plexusirritation
- Perforation
 - o Vena cava superior
 - o Herzwand
 - o Pulmonalarterie
- Paraplegie durch Punktion des Spinalkanals
- Punktion des Ductus thoracicus

Abb. 6 – 5 periprozedurale Komplikationen

2. Frühkomplikationen

Als Frühkomplikationen können direkt nach Katheteranlage die in der Abbildung 6 – 6 zusammengestellten Komplikationen auftreten. Es gibt aber keine klare Definition bis zu welchem Zeitpunkt nach Katheterinsertion man noch von Frühkomplikationen spricht. Meist meint man die ersten 24 – 48 Stunden nach Anlage des Katheters.

Frühkomplikationen:

- Hämatom
- Luftembolie
- Pneumothorax
- Infektion
- Venenthrombose
- Katheterfehlage
- Katheterdysfunktion, Okklusion
- Arteriovenöse Fistel
- Perforation
 - o Vena cava superior
 - o Herzwand
 - o Pulmonalarterie

Abb. 6 – 6 Frühkomplikationen

3. Spätkomplikationen

Eine besondere Bedeutung kommt den Spätkomplikationen zu, da diese eine deutliche Abhängigkeit von der Verweildauer zeigen und somit ein Ansatz zu deren Vermeidung gegeben ist. Je kürzer ein Katheter liegt, desto weniger wahrscheinlich sind Komplikationen wie Infektionen, Perforationen oder gar Materialermüdung. Die Abbildung 6 – 7 nennt mögliche Spätkomplikationen.

<u>Spätkomplikationen:</u>	
-	Luftembolie
-	Infektion
-	Venenthrombose
-	Katheterfehlage
-	Katheterdysfunktion, Okklusion
-	Arteriovenöse Fistel
-	Perforation
o	Vena cava superior
o	Herzwand
o	Pulmonalarterie
-	„Pinch – off“, Katheterbruch
-	Kathetermigration

Abb. 6 – 7 Spätkomplikationen

ii. Komplikationen

Im Folgenden sollen einige Komplikationen näher erläutert werden. Diese Zusammenstellung erhebt ebenfalls keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

1. arterielle Fehlpunktion und Hämatom

Eine der häufigsten periprozeduralen Komplikationen stellt die Punktion der Arteria carotis communis oder der Arteria subclavia dar. Ohne vorherige Ultraschalluntersuchung zur Kontrolle des Lageverhältnisses von Arterie zu Vene scheint eine arterielle Fehlpunktion signifikant häufiger aufzutreten (Teichgraber et al. 1997, Randolph et al. 1996). Da die Letalitätsrate dieser Komplikation relativ hoch sein kann (Benter et al. 1999), sollten folgende laborchemische Voraussetzungen vor ZVK – Anlage gegeben sein:

- Thrombozytenzahl > 50 000 / μ l

- INR < 1,5 (dies entspricht einem Quick ~ 65 %, siehe Tab. 6-1 des Labors der Universitätsklinik Jena)
- Partielle Thrombinzeit < 50 sec

Quick	INR
100	1.00
65	1.52
50	1.74
33	2.55
25	3.42
20	4.36
13	7.39

Tab. 6-1 Umrechnungstabelle INR-Quick vom Labor der Universitätsklinik Jena (Universitätsklinikum-Jena 2008)

Im Falle unzureichender Voraussetzungen sollte zum Beispiel eine Substitution der Thrombozyten in Erwägung gezogen werden (Doerfler et al. 1996.). Eine erneute Punktion kann nach Blutstillung (manuelle Kompression der Punktionsstelle bis zu 20 Minuten) und röntgenologischem Ausschluss eines Pneumothoraxes nach Möglichkeit auf der Gegenseite versucht werden. Besondere Vorsicht bezüglich eines möglichen Blutungsrisikos und damit verbunden ein die Nachbarschaft komprimierendes Hämatom ist bei Patienten mit gerinnungshemmender Therapie geboten, insbesondere bei Mehrfachpunktionen (Mumtaz et al. 2000). Die meist breitflächigen Hämatome gelten zudem als ein Risikofaktor für lokale Infektionen mit großer Tendenz, Abszesse zu verursachen, sodass Interventionen zur Hämatombeseitigung nötig werden können.

2. Pneumo-, Hämato- und Chylothorax

Abschätzbare, aber nicht immer vermeidbare Komplikationen durch Verletzung der Pleura sind der Pneumo-, Hämato- und Chylothorax. Diese scheinen besonders häufig bei Punktionen der Vena subclavia aufgrund ihrer anatomisch bedingten Nähe zur Pleura aufzutreten.

Ein Pneumothorax ist ein akut auftretendes, je nach Ausprägung lebensbedrohliches Krankheitsbild, bei dem Luft zwischen das viszerale und das parietale Pleurablatt in den Pleuraspalt gelangt und damit die Ausdehnung eines oder beider Lungenflügel behindert, sodass die Atmung entweder eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich ist (Chapman et al. 2005a).

Ein Hämatothorax ist ähnlich dem Pneumothorax ein akut auftretendes, zum Teil lebensbedrohliches Geschehen, bei dem aufgrund von Einblutungen durch Gefäßverletzungen Blut in den Pleuraspalt gelangt und damit die Atmungsbewegung eingeschränkt oder verhindert wird (Chapman et al. 2005b).

Ein Chylothorax im linken Thorax entsteht nach akzidentieller Punktion des Ductus thoracicus respektive im rechten Thorax durch versehentliche Punktion des Ductus lymphaticus dexter. Dabei gelangt Lymphflüssigkeit in den Pleuraspalt (Chapman et al. 2005c).

Die Therapie von Pneumo-, Hämato- und Chylothorax richtet sich in erster Linie nach dem klinischen Erscheinungsbild. Ein röntgenologisch nachgewiesener klinisch jedoch asymptomatischer, dünner Luftsaum im Pleuraraum ist bei spontan atmenden Patienten nicht unbedingt behandlungsbedürftig. Sollte der Patient aber über zunehmende, besonders in Ruhe auftretende Dyspnoe klagen und sich im Röntgenbild freie Luft im Thorax nachweisen lassen, sollte zur Entlastung ein dünner Pleurakatheter eingelegt werden. Das Einlegen einer Bülau – Drainage ist eine gute therapeutische Option zur Entlastung eines Hämatothoraxes, der nicht selten mit einem Pneumothorax assoziiert ist.

3. Luftembolie

Unter einer Luftembolie versteht man das Eindringen von Luft aufgrund einer offenen Verbindung zwischen Vene und Außenwelt in den venösen Blutkreislauf und der damit verbundene partielle oder komplette Verschluss einer pulmonalen Arterie. Wird dabei eine Menge von 50 – 100 ml aspirierter Luft überschritten, kann dies letale Folgen haben. Man sollte beachten, dass bereits bei einer Druckdifferenz von 4 cmH₂O durch eine herkömmliche Punktionsnadel (18 G Durchmesser, 4 cm Länge) innerhalb von einer Sekunde ein Volumen von 90 ml aspiriert wird (Poldermann und Girbes 2000). Um eine Luftembolie zu vermeiden, empfiehlt sich zum einen die Trendelenburg'sche Lagerung des Patienten und zum anderen, so fern es sich um einen kooperationsfähigen Patienten handelt, ein gleichzeitiges Valsalva – Manöver sowohl bei der Punktion des Katheters als auch bei dessen Entfernung.

4. Katheterinfektionen

Bei der Auswertung der entsprechenden Fachliteratur fällt auf, dass der Begriff der Katheterinfektion nicht einheitlich verwendet wird. Insgesamt handelt es sich aber um eine gefürchtete Komplikation, da sie zum einen eher unspezifische Symptome verursacht und zum anderen meist zum Entfernen des Katheters führt und damit zur Beendigung der therapeutischen Maßnahmen. Auch Fätkenheuer und Mitarbeiter geben in ihrer Arbeit zu Venenkatheter – assoziierten Infektionen zu bedenken, dass es weder einen diagnostischen Goldstandard noch eindeutige Definitionen gibt, da in der klinischen Praxis unter Katheterinfektionen häufig verschiedenartige Entitäten zusammengefasst werden (Fätkenheuer et al. 2001).

Die Abbildung 6 – 8 gibt einen Vorschlag zu den Differenzierungsmöglichkeiten der unterschiedlichen Entitäten. Dabei wird zum einen die alleinige Kolonisation des Katheters mit Erregernachweis ohne gleichzeitige Bakteriämie von Katheter – assoziierten und infusionsbedingten Infektionen unterschieden (CDC 2006). Von einer Besiedlung des Katheters kann man laut der Richtlinien des Centers of Disease Control (CDC) ausgehen, wenn mindestens 15 colony – forming units oder mehr als 1000 Keime durch ein geeignetes Verfahren (z.B. semiquantitative Technik nach Maki) nachgewiesen wurden.

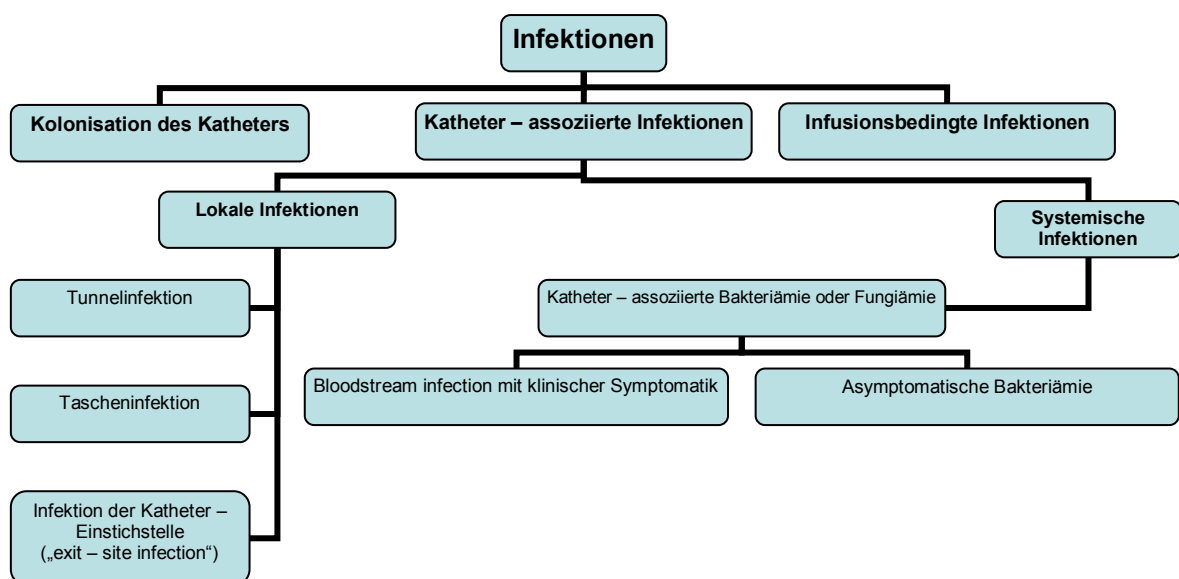


Abb. 6 – 8: Übersicht der Infektionsentitäten

Die häufigsten nachweisbaren Erreger:

- *Gram - positive Bakterien:*
 - o koagulase - negative Staphylokokken
 - o *Staphylococcus aureus*
- *Gram - negative Bakterien:*
 - o *Escherichia coli*
 - o *Enterobacter:*
 - o *Pseudomonas aeruginosa*
 - o *Klebsiella pneumoniae*
 - o *Candida spp.*

Abb. 6 – 9 Übersicht der häufigsten Erreger

Die Abbildung 6 – 9 nennt die häufigsten Erreger, die zu Katheter – assoziierten Infektionen führen, genannt. Von einer infusionsbedingten Infektion kann man ausgehen, wenn unabhängig von einander in der Infusionslösung und in der Blutkultur derselbe Erreger isolierbar ist. Katheter – assoziierte Infektionen im engeren Sinne können sowohl lokal, als auch systemisch mit den entsprechenden Symptomen vorkommen, wobei die Übergänge fließend sind. Bei einer lokalen Infektion an der Kathetereinstichstelle („exit – site infection“) zeigen sich auf der Haut innerhalb eines Umkreises von 2 cm um die Eintrittsstelle typische Entzündungszeichen wie Rötung, Schwellung und Überwärmung. Bei so genannten Tunnel- und Tascheninfektionen hat sich der subkutan gelegene Anteil des Katheters entzündet. Bei einer Tascheninfektion entspricht dies der subkutanen Tasche, in die ein Portsystem implantiert wurde. Bei einer Tunnelinfektion ist der subkutan gelegene Anteil des getunnelten Katheters infiziert. Von einigen Autoren wird als notwendige Bedingung bei Beteiligung der Kathetereintrittsstelle eine Ausdehnung der Infektion von mindestens 2 cm in den Tunnel angesehen (Fätkenheuer et al. 2001, Engelhard et al. 1996, Greene 1996).

Die Diagnose einer systemischen Infektion setzt definitionsgemäß eine positive Blutkultur voraus, dabei ist das identische Pathogen sowohl in dem Blut, welches über den Katheter entnommen wird, als auch in dem peripher abgenommenen Blut isolierbar. Es lässt sich eine asymptomatische Bakteriämie beziehungsweise Fungiämie von einer so genannten bloodstream infection mit klinischen Symptomen differenzieren. Gibt es Grund zur Vermutung, dass es sich um eine systemische Infektion handelt, sollte der Patient rechtzeitig und ausreichend antibiotisch abgesichert werden und der Katheter entfernt werden. Eine anschließende mikrobiologische Untersuchung der Katheterspitze ist zur vollständigen Diagnostik meist unerlässlich und wird häufig auch ohne Anhalt für eine Infektion routinemäßig

durchgeführt. Als Risikofaktoren für Infektionen im Zusammenhang mit zentralen Venenkathetern lassen sich unter anderem Neutropenie, immunsuppressive Therapien, parenterale Ernährung, Insertionslokalisation, die Behandlung eines Patienten auf einer Intensivstation mit Beatmung, hämodynamischem Monitoring und Schock, aber vor allem sehr häufige Manipulation beispielsweise zur Blutentnahme eruieren. Es erscheint daher essentiell die Anlage eines zentralen Venenkatheters unter absolut sterilen Bedingungen durchzuführen und einen notfallmäßig gelegten ZVK innerhalb von 24 Stunden zu wechseln (Sculier und Feld 1985).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Verweildauer des ZVK auch das Risiko einer Infektion von annähernd 0 % bei einer Liegedauer von bis zu drei Tagen auf 5 – 10 % ansteigt, wenn der Katheter länger als 7 Tage liegt (Benter et al. 2001). Aufgrund der kurzen Liegezeiten von durchschnittlich fünf Tagen traten bei den von uns untersuchten Patienten trotz Immunsuppression unter Chemotherapie keine Infektionen auf.

5. Katheterfehlage, - migration und - dysfunktion. Perforation, Herzbeuteltamponade

Die optimale Katheterspitzenposition ist nach wie vor Gegenstand oft auch kontrovers geführter wissenschaftlicher Diskussionen. Sicher ist, dass für eine mehrtägige Therapie via ZVK die Katheterspitze außerhalb des rechten Vorhofes liegen soll, um Herzverletzungen zu vermeiden. Ideal scheint der klappenlose Bereich der Vena cava superior 1 – 2 cm vor dem rechten Vorhof für die Position der Katheterspitze zu sein. Auch für diagnostische Maßnahmen sollte die Katheterspitze außerhalb des rechten Vorhofes liegen, denn dort wird definitionsgemäß der zentrale Venendruck gemessen.

Im Jahr 2001 wurde von der *Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften* (AWMF) die Leitlinie „Zentraler Venekatheter“ der *Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin* (DIVI) veröffentlicht (AWMF 2001). Auch in dieser Leitlinie wird die korrekte Katheterposition offen gelassen, jedoch eine postoperative Überprüfung der Katheterlage gefordert. Weitere Forderungen, die die Autoren an eine optimale Katheterposition stellten, sind zum einen leichtgängige Infusion und Aspiration wie es bei Platzierung der Katheterspitze in einem großen Gefäß mit hoher Blutflussrate

gegeben wäre, ohne dabei eine Einschränkung bezüglich superiorer oder inferiorer Lage der Vene zum Herzen zu geben und zum anderen sollte der ZVK den zentralvenösen Druck auch tatsächlich und zuverlässig messen können.

Die Autoren Fletcher und Bodenham beschäftigten sich ausführlich mit der optimalen Katheterspitzenposition und empfahlen aufgrund ihrer klinischen Erfahrung und in Abhängigkeit des gewählten Zugangsweges, wie in der Abbildung 6-10 dargestellt drei Zonen (Fletcher und Bodenham 2000).

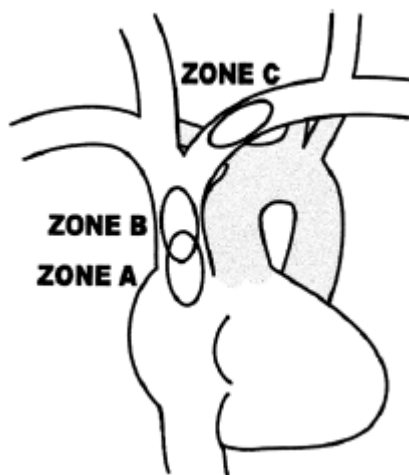


Abb. 6-10 Drei geeignete Zonen für die Katheterpositionierung: schematische Darstellung des Herzens und der großen Venen. In vivo können die Winkel der Venen eventuell spitzer sein. (Fletcher und Bodenham 2000)

Dabei entspricht

- Zone A der unteren Vena cava superior respektive dem Vorhofsfeingang,
- Zone B der oberen Vena cava superior und
- Zone C der Mitte der linken V. brachiocephalica.

Zone A eignet sich nach Meinung der Autoren als Lage für die Katheterspitze für alle Zugangswege am Oberkörper. Wenn der Punkteur als Zugangsweg die rechte Vene jugularis interna wählt, so stellt auch die Zone B eine geeignete Position für die Katheterspitze dar (Tocino und Watanabe 1986, Duntley et al. 1992). Wird die linke Vena jugularis interna oder die Vena subclavia gewählt, so ist die Zone C eine akzeptable Position. Gleichzeitig wird so das Risiko einer Perforation der Vena cava superior reduziert (Daily 1988).

Abhängig von der jeweiligen Definition treten Katheterfehlagen mit einer Häufigkeit von 3 – 38 % auf (Dunbar et al. 1981, Wechsler et al. 1984, Bjarnason und Lehmann 1997). In ihrer 2004 veröffentlichten Arbeit analysierte Karen Domino die zwischen

1979 und 1999 bei der *American Society of Anesthesiologists Closed Claims database* (US – amerikanische Datenbank) registrierten abgeschlossenen Verfahren medizinischer Haftpflichtfälle (Domino et al. 2004). Von den 6449 insgesamt erfassten anästhesiologischen Schadensfällen waren 110 durch zentrale Venenkatheter verursacht worden mit einer Morbiditätsrate von über 47 % und einer Mortalitätsrate nach Herzbeuteltamponade von 81 %. Bei etwa einem Drittel der 110 Fälle fand sich eine Assoziation zu einer Katheterfehllage.

Als allgemein gültige Definition einer Fehllage eines zentral platzierten Katheters wird die Situation angesehen, wenn die Katheterspitze sich nicht in der oberen oder in der unteren Hohlvene befindet bei Zugängen aus der oberen respektive unteren Körperhälfte.

Die häufig nur mit geringer Morbidität behafteten Komplikationen, welche mit Malpositionen assoziiert sind, können dennoch im Einzelfall tödlich sein. Wurde die Katheterspitze so weit vorgeschoben, dass ihr distales Ende sich im rechten Atrium des Herzens befindet, kann die Situation besonders bedrohlich für den Patienten sein, da so unter Umständen Herzrhythmusstörungen und Schädigungen der Herzklappen verursacht werden können. Weiterhin kann eine intrakardiale Katheteranlage durch das permanente Reiben am Herzmuskel eine Erosion mit anschließender Herzbeuteltamponade hervorrufen, die in mehr als 50% der Fälle zum Tode führt (Collier et al. 1998).

Wenn die Katheterspitze so an der Venenwand anliegt, dass weder Infusion noch Aspiration möglich ist, ist dies noch nicht unbedingt gefährlich für den Patienten, jedoch der Therapieerfolg erscheint fraglich. Sollte aber der Winkel zwischen Katheterspitze und Venenwand größer als 40° sein, so ist die Gefahr einer Perforation des Gefäßes deutlich erhöht (Scott 1988). Auch in diesem Fall ist eine Perikardtamponade möglich, wenn die Perforationsstelle unterhalb der perikardialen Umschlagfalte lokalisiert ist.

Ein häufig beobachtetes Phänomen ist die Migration der Spitze des Katheters zum Beispiel durch die Bewegung des Arms. Abhängig vom Autor werden sowohl Migrationen ins Herz hinein, als auch Migrationen aus dem Vorhof in die Vena cava superior beschrieben (McGee et al. 1993, Lee et al. 1984). Wir gehen in diesem Zusammenhang eher von einem Herauswandern der Katheterspitze aus.

Eine weitere Besonderheit stellt die Azygos – Fehllage dar. Dabei kommt der Katheter in der Vena azygos zum Liegen, deren Einmündung sich oberhalb des

Übergangs von Vena cava superior in den rechten Vorhof des Herzens befindet. Daher kann man in der röntgenologischen Kontrollaufnahme ein nach hinten oben gebogenes Katheterende sehen. Dies ist eindrucksvoll auf den unten abgebildeten Beispielbildern (Abb. 6-11) zu sehen, welche allerdings von intubierten Patienten außerhalb unseres Patientengutes stammen.

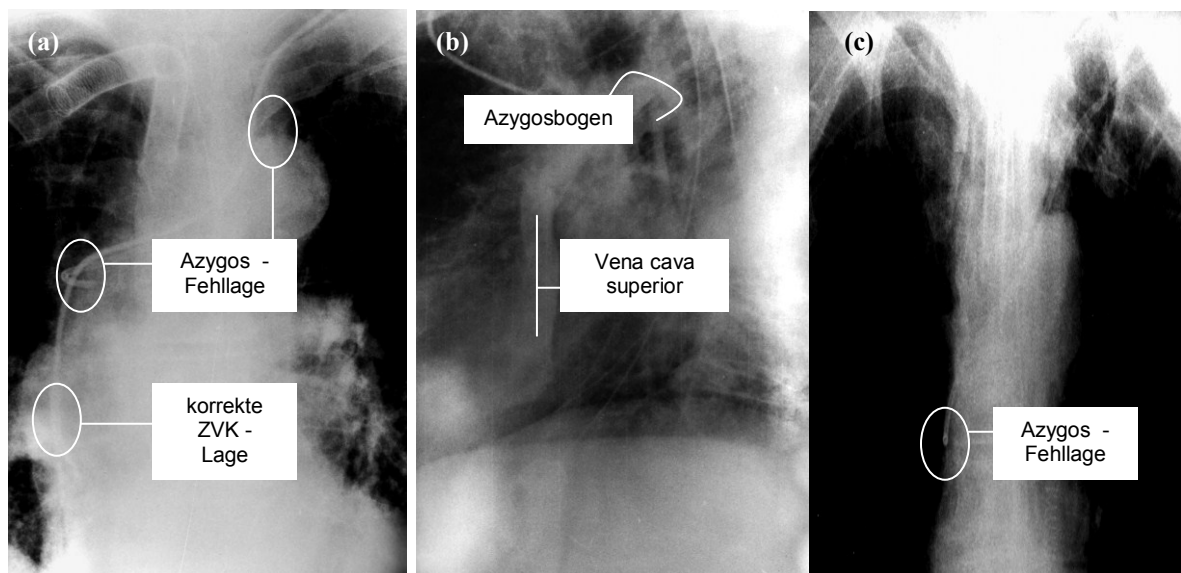


Abb. 6-11 Azygosmalposition bei intubierten Patienten: (a) + (b) derselbe intubierte Patient mit Azygosmalposition, in p.a. (a) und in Seitenaufnahme (b) mit Kontrastmittel – Abfluss in Azygosloge der Vena cava superior; (c) anderer Patient mit orthogonal getroffenen Katheter als Azygosmalposition.

6. Katheterbruch und Extravasation

Zum Bruch des Katheters kann es kommen, wenn dieser über einen längeren Zeitraum beispielsweise beim Zugang über die Vena subclavia zwischen der ersten Rippe und dem Schlüsselbein eingeklemmt wird. In diesem Zusammenhang spricht man auch vom so genannten „Pinch – off Syndrom“ (Aitken und Minton 1984, Hinke et al. 1990, Lokich et al. 1985) und meint damit den Materialverschleiß, wenn der Silikon- oder Polyurethankatheter aufgrund der stetigen Armbewegungen an der ersten Rippe oder dem Schlüsselbein scheuert. Da dann zwar kaum noch Blut aspirierbar ist, aber die Infusion noch möglich ist, kann es zu Extravasationen kommen, wenn der Katheter unter Materialermüdung bricht.

Von einer Extravasation spricht man, wenn sich die über einen Katheter applizierte Infusion außerhalb des Gefäßes im umgebenden Gewebe ansammelt. Dies ist eine eher seltene Komplikation, die allerdings das Risiko lokaler Infektionen und

Gewebsnekrosen in sich birgt, wenn es sich bei der Infusion beispielsweise um ein zytotoxisches Chemotherapeutikum beziehungsweise Elektrolytkonzentrate handelt.

7. Venenthrombosen und Gefäßverschluss

Obwohl der Stellenwert der Katheterspitzenlage für die Thrombosebildung und die damit verbundene Gefährdung der Patienten schon länger bekannt sind, findet dies im klinischen Alltag wenig Beachtung (Schummer 2007). In ihrer bereits 1985 veröffentlichten Arbeit haben Ducatman und Mitarbeiter Herzautopsien an 114 Leichen durchgeführt, bei denen zum Todeszeitpunkt ein zentraler Katheter gelegen hatte, unabhängig davon ob die Todesursache katheterassoziiert war oder nicht (Ducatman et al. 1985). Bei drei Patienten konnte ein Zusammenhang zwischen Katheter und Tod gefunden werden. Bei zwei von ihnen fand sich eine Perforation der Cavawand. Ein weiteres Ergebnis ihrer Arbeit, war die Tatsache, dass sich bei einem Drittel der Leichen bereits in den ersten beiden Wochen nach Katheteranlage im Bereich der Vena cava superior beziehungsweise der Venae brachiocephalicae Thrombusformationen gebildet hatten, sodass die Autoren schlussfolgerten, der Venenkatheter sei als Fremdkörper erkannt worden und die unspezifische Antwort des Organismus auf eben diesen Fremdkörper sei die Thrombose.

Eine Thrombose eines zentralen Gefäßes ist eine der häufigsten Komplikationen bei zentralvenösen Punktionen. Die Ursache sind Gefäßläsionen verursacht durch den Katheter. Diese können entweder bereits bei der Anlage oder im Laufe der Zeit durch mechanische Irritationen an der Cavawand entstehen. Letztere können durch eine sich aufgrund stetiger Herz-, Atem- sowie gegebenenfalls auch aufgrund von Armbewegungen räumlich verändernden Katheterspitze hervorgerufen werden (Xiang et al. 1998, Reed et al. 1985).

Ein besonders hohes Risiko für eine katheterassoziierte Thrombose scheinen zum einen Patienten mit linksseitigen Kathetern und zum anderen Patienten, bei denen die Katheterspitzen in der oberen Hälfte der Vena cava superior zum Liegen kommt, zu haben (Pithie et al. 1988, Puel et al. 1993, Kearns et al. 1996, Luciani et al. 2001). Die häufigste Ursache für den Verschluss eines zentralen Venenkatheters sind Blutkoagel, die zum Beispiel im Rahmen einer Blutentnahme via ZVK und anschließender unzureichender Spülung entstehen können und dann eines oder mehrere Lumina verstopfen, sodass eine weitere Applikation von Medikamenten

oder eine erneute Aspiration von Blut nicht mehr möglich ist. Um dies zu vermeiden, sollte auf eine intensive Spülung vorzugsweise mit NaCl geachtet werden, sowie auf eine effektive „Blockung“ des ZVK mittels 10 ml NaCl vermischt mit 500 IE Heparin (Benter 2004).

f. Die Lagekontrolle

Aufgrund der Risiken für den Patienten, die mit einer Fehllage verbunden sind, ist eine Lagekontrolle des Katheters unabdingbar. In der täglichen Praxis haben sich unterschiedliche Verfahren mit zum Teil sehr unterschiedlichem prädiktivem Wert zur Lagekontrolle eines ZVK etabliert. Daher erscheint es zweckmäßig, nach EKG – unabhängigen und EKG – abhängigen Methoden zur ZVK – Lagekontrolle zu unterscheiden.

i. EKG – unabhängige Lagekontrolle

Eine sehr einfache EKG – unabhängige Kontrollmöglichkeit stellt die freie Aspirierbarkeit der einzelnen Lumina nach erfolgter Punktion dar. Kann nur schwer oder gar kein Blut aspiriert werden, so muss man davon ausgehen, dass sich der Katheter entweder in einem Gefäß mit sehr kleinem Durchmesser befindet oder er der Cavawand in einem Winkel von größer 40° anliegt. Dies birgt eine erhöhte Perforationsgefahr. Ein Nachteil dieser Lagekontrolle ist, dass auch bei freier Aspirierbarkeit ein Winkel von mehr als 40 ° zwischen Katheterspitze und Cavawand nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Weitere klinische Kriterien zum Nachweis einer korrekten Katheterlage sind auch die folgenden (Schummer 2007):

- Verschieblichkeit einer Flüssigkeitssäule in Abhängigkeit von der Atmung
- venöse Druckkurve
- nach vergleichender Blutgasanalyse entsprechend venöse Blutprobe.

Mit Hilfe verschiedener Formeln und Abschätzungen wurden weitere Versuche unternommen, die Lage des Katheters zu kontrollieren beziehungsweise vorherzusagen. In seiner 1990 veröffentlichten Arbeit versuchte Peres mathematisch eine Beziehung zwischen Körpergröße und optimaler Katheterlänge herzustellen (Peres 1990), während Tempe und Mitarbeiter anhand der Strecke zwischen

Punktionsstelle und dem zweiten rechten anterioren Intercostalraum die Katheterlänge abzuschätzen versuchten (Tempe et al. 2003).

Ein anderes, in der Literatur sehr widersprüchlich behandeltes Verfahren ist die Lagekontrolle per Röntgenthorax, die zum einen zwar in der Routine recht teuer ist, aber zum anderen Komplikationen wie Hämato- oder Pneumothorax auszuschließen vermag. Die Röntgenaufnahme erfolgt meist als posterior – anterior – Aufnahme im Stehen oder als anterior – posterior Aufnahme im Liegen, in Expiration, Inspiration oder bei Intubation. Ein Nachteil ist, dass man bei Aufnahmen in nur einer Ebene Fehllagen des Katheters nicht sicher ausschließen kann, da sich beispielsweise ein pig – tail – Phänomen in der posterior – anterior – Aufnahme als regelrechte Katheterlage darstellen kann und man die tatsächlich bestehende Fehllage erst in der seitlichen Aufnahme diagnostizieren würde, die aber routinemäßig nur sehr selten gemacht wird. Ein weiterer Nachteil ist die zeitliche Verzögerung der Aufnahme, die teilweise mehr als 24 Stunden betragen kann, da sie aus organisatorischen Gründen nicht unmittelbar nach der Katheteranlage beispielsweise direkt im Operationssaal durchgeführt werden kann.

Ein weiteres sehr aufwendiges, aber nach derzeitigem Kenntnisstand wohl das exakteste Verfahren, wenn die Katheterspitze bis in die distale Vena cava superior reicht, stellt die transösophageale Echokardiographie dar, die routinemäßig in der Praxis allein zum Zweck der Lagekontrolle eines ZVK nicht durchgeführt werden kann. (Andropoulos et al. 1999, Schummer et al. 2005, Reynolds et al. 2001, Chu et al. 2004).

Alle klinisch praktikablen Methoden wie anatomische Landmarken, mit der Körpergröße des Patienten korrelierende Formeln, Funktionsproben, die EKG – Methode, die im nächsten Abschnitt im Betrachtungsmittelpunkt stehen soll, und die Röntgenaufnahmen zur Lagekontrolle sind mit diversen Vor- und Nachteilen behaftet. Wobei lediglich EKG – Methode und Röntgenaufnahme der juristisch vorgeschriebenen Sorgfaltspflicht des Arztes entsprechen (Schummer 2007).

ii. EKG – abhängige Lagekontrolle

Aufgrund der geringen Vor- und zum Teil schwerwiegenden Nachteile der anderen Verfahren, die sich auch im klinischen Alltag nicht etablieren konnten, hat sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend die elektrokardiographische Lagekontrolle

durchgesetzt (Wilson und Gaer 1988, Marouche et al. 1998, Michaelis und Biscoping 1998, Michaelis et al. 1988). Während der Katheteranlage wird zunächst ein EKG über die Brustwand abgeleitet, welches nach erfolgter Punktion durch ein intrakardiales EKG ersetzt wird und der exakteren Platzierung des Katheters dient. An der Universitätsklinik Jena wird der Certodyn® - Universaladapter als elektrische Weiche eingesetzt, um eine bipolare Ableitung mit der Katheterspitze als negativer Elektrode zu erzeugen (Schummer 2007). Über das intrakardiale Blut werden die Vorhofpotenziale zur Katheterspitze geleitet. Das intrakardiale EKG kann entweder über eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit wie Blut beziehungsweise physiologische Kochsalzlösung oder über einen im Katheter liegenden Seldinger – Draht mittels Lagekontrollsystem abgeleitet werden. Zur Punktion der von uns untersuchten Patienten wurde der Mehrlumenkatheter der Firma B. Braun Melsungen AG verwendet, welchem im Katheterset Certofix® ein steriles EKG – Verbindungskabel beige packt war, sodass mittels einer Krokodilklemme die Verbindung des Seldingerdrahtes mit dem Certodyn® - Universaladapter möglich war (Abb. 6-12).

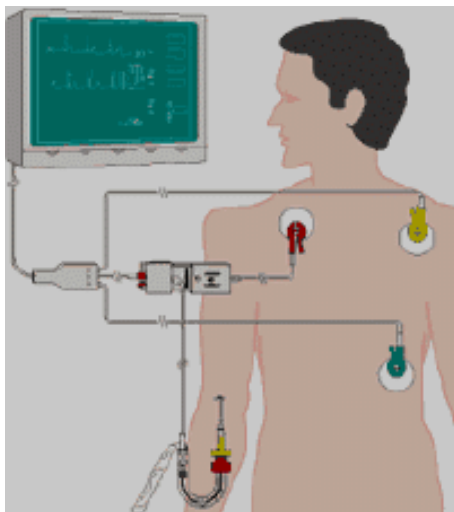


Abb. 6-12 Schematische Darstellung: Einthoven II Ableitung mittels Certodyn® - Universaladapter
(B. Braun Melsungen AG, Media Service)

Der Katheter wird unter ständiger Beobachtung der darüber abgeleiteten EKG's mit dem Führungsdraht vorgeschoben, bis man die charakteristische EKG Veränderung in Form einer p – Wellen Erhebung erkennt. Nach unseren Erkenntnissen (Schummer et al. 2004) ist die Erhöhung der p – Welle Ausdruck dessen, dass man die perikardiale Umschlagfalte passiert und nicht, wie zum Teil vermutet wird, dass man den rechten Vorhof erreicht hat. Hat die p – Welle ihre maximale Steigerung erreicht, kann man davon ausgehen, dass man sich mit der Spitze des Führungsdrahtes und damit der Katheterspitze zwischen Vena cava superior und

rechtem Vorhof befindet. In der transösophagealen Echokardiographie entspricht dies dem kranialen Ende der Crista terminalis. Ein eindeutiger Vorteil dieses Verfahrens ist die zeitliche Nähe der Kontrolle zur Anlage, sodass zumindest intrakardiale Fehllagen unmittelbar bei Anlage ausgeschlossen werden können. Ist kein elektrokardiographisches Signal ableitbar, so muss von einer Fehllage ausgegangen werden, die entsprechend korrigiert werden muss. Voraussetzung und damit Einschränkung des Verfahrens ist ein Sinusrhythmus, sodass es bei Patienten mit Vorhofflimmern ungeeignet ist. Trotzdem findet man bei der entsprechenden Literaturrecherche der letzten Jahre zunehmend die Meinung, dass bei einer komplikationslosen EKG – gestützten ZVK – Anlage keine zusätzliche röntgenologische Lagekontrolle nötig ist (Marouche et al. 1998, Gladwin et al. 1999). Es finden sich aber auch Hinweise (Herrmann 2006), dass dies nur für zentrale Venenkatheter zutrifft, die in die Vena jugularis interna dextra gelegt werden, nicht aber in die Vena jugularis interna sinistra.

Eine wirklich sichere Methode zum Ausschluss von Fehllagen ist unserer Meinung nach derzeit mit Einschränkungen nur durch das EKG, die Röntgenaufnahme in zwei Ebenen und die TEE gewährleistet, da die anderen Methoden noch Unsicherheitsfaktoren in zu großem Rahmen bergen, die aber möglicherweise durch weitere Forschungsarbeit zu beheben sind.

7. Ziele der Arbeit

- 1) Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch Erhebung und Auswertung von Daten eines klar definierten Patientengutes zu untersuchen, ob die von uns angewendete modifizierte Anlagemethode nach Seldinger für zentralvenöse Katheter auf der linken Seite das Risiko von Fehllagen verringern kann. Diesbezüglich stellt sich weiter die Frage, ob es Anhaltspunkte dafür gibt, ob Nichtbeatmung einen Einfluss auf das Fehllagerisiko haben könnte
- 2) Bei einer im Zeitraum von November 2005 bis Dezember 2005 ausgewählten Untergruppe stand die Korrelation zwischen freier Aspirierbarkeit und Vorhersage bezüglich eines möglichen Winkels größer 40° im Mittelpunkt. Dabei soll die freie Aspirierbarkeit aller Lumina und die daraus resultierende Vorhersage des Punkteurs bezüglich der Lage der Katheterspitze zur Cavawand mit dem tatsächlich im Röntgenbild gemessenen Winkeln verglichen werden.
- 3) Ein weiterer Schwerpunkt ist der direkte Vergleich zwischen der ZVK – Anlage auf der rechten und auf der linken Seite bei ein und demselben onkologischen Patienten, bei dem im Abstand von etwa vier Wochen einen ZVK einmal auf der rechten und einmal auf der linken Seite zum Zweck der Chemotherapie gelegt wurde. Aufgrund der sich zwischen den chemotherapeutischen Zyklen nicht veränderten individuellen anatomischen Verhältnissen kann man die Daten als vergleichbar ansehen.
- 4) Weiterhin sollen alle Patienten in drei Gruppen abhängig vom Body Mass Index unterteilt werden. Es soll untersucht werden, ob sich der in der Literatur beschriebene Trend einer Korrelation zwischen vermehrt auftretenden Komplikationen und dem Body Mass Index auch bei dem von uns analysierten Patientengut nachweisen lässt.

8. Methodik

a. Patientengut

Zu Beginn der Arbeit definierten wir die in Tabelle 8 – 1 zusammengefassten Ein- und Ausschlusskriterien, um ein möglichst vergleichbares und exakt definiertes Patientenkollektiv auswerten zu können.

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> - onkologische Patienten mit ZVK – Anlage zur Chemotherapie - wach - Spontanatmung - selber Punkteur - Zeitraum 	<ul style="list-style-type: none"> - anderer Punkteur - kein digitales Bild im PACS - ein in Expiration oder im Liegen aufgenommenes Röntgenbild - Veränderungen des Skelettsystems - Veränderungen des Lungengewebes - Tumoren, die die Anatomie im Thorax erheblich verändern

Tab. 8 – 1 Ein – und Ausschlusskriterien

Die Tatsache, dass alle Patienten während der ZVK – Anlagen wach waren und spontan geatmet haben, stellte einen zentralen Schwerpunkt in der Betrachtung und Auswertung dieses Patientengutes dar. Ein und derselbe erfahrene Anästhesist legte unter EKG – Kontrolle in einer standardisierten Abfolge von Arbeitsschritten den onkologischen Patienten, zum Zweck der Applikation eines Chemotherapeutikums, einen zentralvenösen Venenverweilkatheter. Anschließend erhielten alle Patienten zur Kontrolle der korrekten ZVK – Lage in standardisierter Form eine posterior – anterior Röntgenaufnahme des Brustkorbes. Dabei mussten die Patienten stehen und möglichst tief einatmen. Konnte eine Aufnahme entweder nur im Liegen erfolgen oder war diese „veratmet“, also nicht wie gewünscht in tiefer Inspiration, sondern in Expiration, wurde dies vermerkt und die jeweiligen Patienten aufgrund der Nichtvergleichbarkeit ausgeschlossen. Von den anfänglich 295 rekrutierten onkologischen Patienten, denen in der Zeit von September 2003 bis Februar 2006 ein ZVK gelegt worden ist, konnten wir 193 auswerten. Dies begründet sich hauptsächlich in den fehlenden digitalisierten Röntgenbildern im PACS, aber auch in den Kriterien, die zum Ausschluss eines Patienten aufgrund der Nichtvergleichbarkeit

führten. Dazu zählten beispielsweise auch Veränderungen des Skelettsystems wie die Kyphoskoliose einer Patientin und pathologische Störungen des Lungengewebes in Form von Totalatelektasen bei einem anderen Patienten. Dies sowie die ZVK – Anlage durch einen anderen Punkteur, führten dazu, dass die Bilder der Patienten als nicht vergleichbar eingestuft werden mussten.

Die gegebenen Patientendaten wie Alter, Größe, Gewicht, BMI, Geschlecht, punktierte Vene, Seite der ZVK - Anlage, Einführtiefe des ZVK auf Hautniveau und Hauptdiagnose wurden zunächst in einer Tabelle zusammengefasst und anschließend die im PACS gemessenen Werte bezüglich Distanz der ZVK – Spitze in Abhängigkeit vom rechten tracheobronchialen Winkel, sowie den Winkel zwischen Katheterspitze und Wand der Vena cava superior hinzugefügt.

b. Demographie

Von den 193 ausgewerteten Patienten konnten wir folgende demographische Daten erheben:

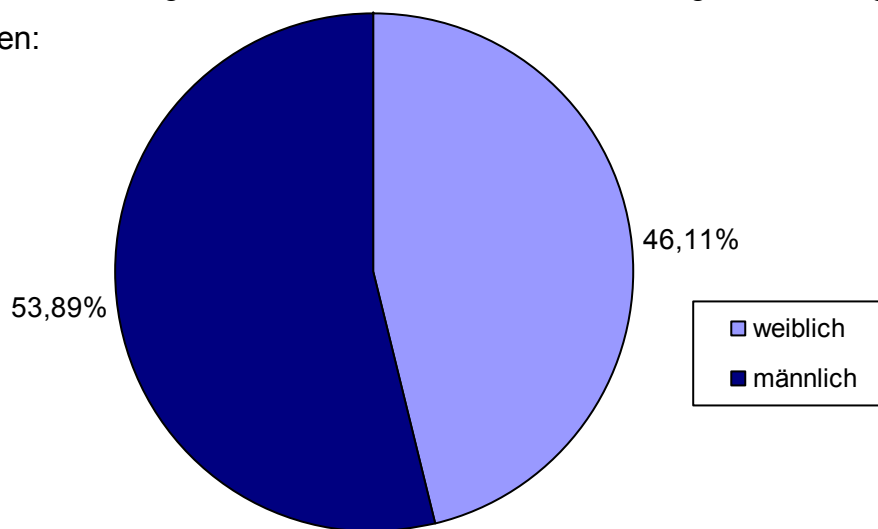


Abb. 8 – 1 Häufigkeitsverteilung beider Geschlechter

Es handelte sich um 104 (53,89 %) männliche und 89 (46,11 %) weibliche Patienten (Abb. 8-1) mit einem durchschnittlichen Alter von rund 60 Jahren [60,03 Jahre, SD = 11,144 Jahre] mit einer Spannweite von 18 bis 81 Jahren, denen im Zeitraum von September 2003 bis Februar 2006 ein zentraler Venenkatheter gelegt wurde. Davon entfielen 120 (62,18 %) der Punktionen auf die linke und 73 (37,82 %) auf die rechte Seite (Abb. 8-2).

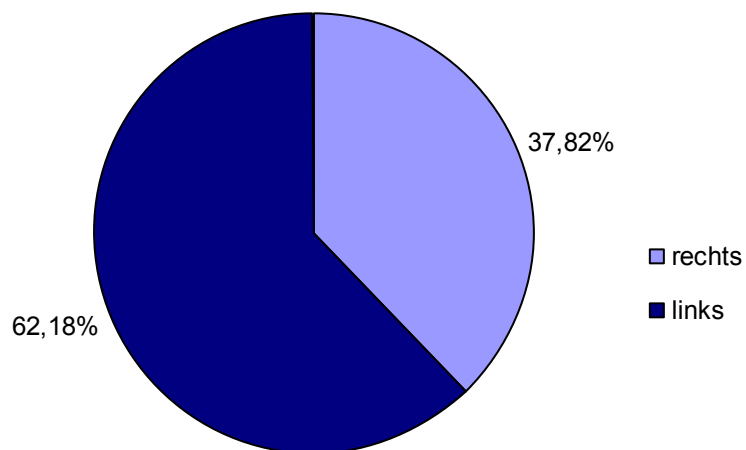


Abb. 8 – 2: Häufigkeitsverteilung der punktierten Seiten

Dabei entstand die in Tabelle 8–2 dargestellte Häufigkeitsverteilung bezüglich der punktierten zentralen Venen. Am häufigsten wurde demzufolge die Vena jugularis interna sinistra und die Vena jugularis interna dextra punktiert.

		Häufigkeit	Prozent
Links	Vena jugularis interna (LIJV)	97	50,3
	Vena jugularis interna low (LIJV _{low})	6	3,1
	Vena subclavia (LSV)	13	6,7
	andere Vene auf der linken Seite (LAV)	4	2,1
Rechts	Vena jugularis interna (RIJV)	63	32,6
	Vena jugularis interna low (RIJV _{low})	1	0,5
	Vena subclavia (RSV)	8	4,1
	andere Vene auf der rechten Seite (RAV)	1	0,5
Gesamt		193	100,0

Tab. 8 – 2: Häufigkeitsverteilung der punktierten zentralen Venen

Grob ließen sich die onkologischen Hauptdiagnosen in folgende vier Hauptgruppen unterteilen:

- Neoplasien des Verdauungstraktes
- Neoplasien des Respirationstraktes
- Neoplasien im Hals-, Nasen- und Ohrenbereich
- gynäkologische Neoplasien.

Die Patienten verteilen sich auf die vier Hauptgruppen wie in Abbildung 8–3 grafisch veranschaulicht.

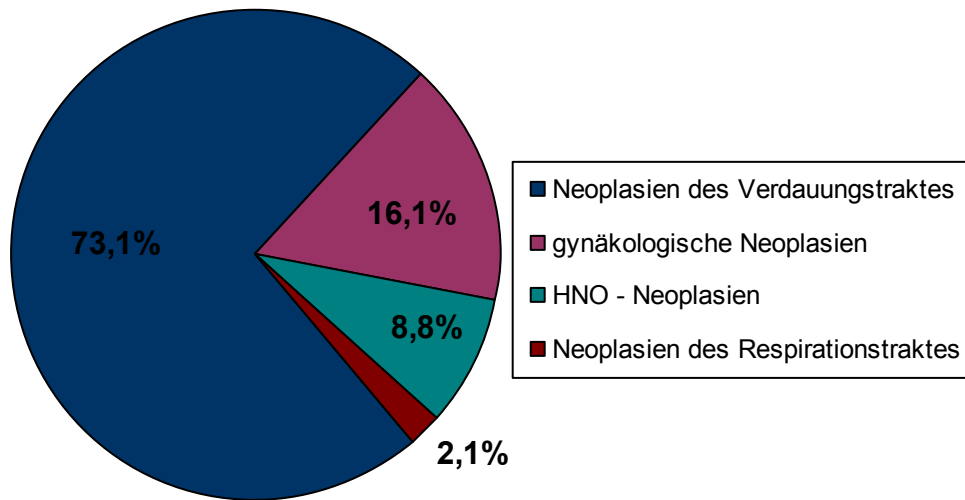


Abb. 8 – 3: Häufigkeitsverteilung der Hauptdiagnosen (Hauptgruppen)

Im Einzelnen handelt es sich dabei um die folgenden Neubildungen.

Es fanden sich vier Patienten mit Neoplasien im Bereich des Respirationstraktes, genauer gesagt mit Bronchial – Neoplasien.

Bei den 141 Patienten mit Neoplasien des Verdauungstraktes wurde das Primum

- 19-mal im Ösophagus
- 10-mal im Magen
- 2-mal im Kolon
- 102-mal im Rektum und
- 8-mal im Analbereich

lokalisiert. Daraus ergibt sich die in Abbildung 8-4 dargestellte Häufigkeitsverteilung bezogen auf verdauungstraktassoziierte Neoplasien.

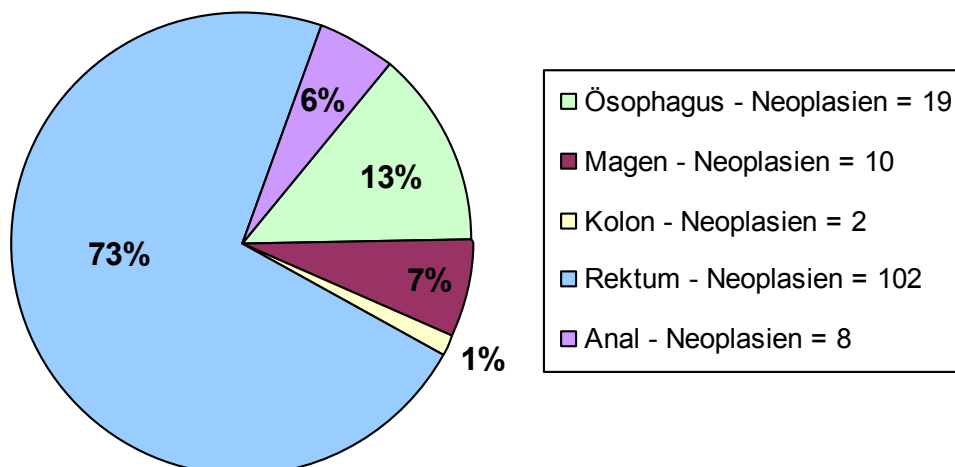


Abb. 8 – 4: Häufigkeitsverteilung der verdauungstraktassoziierten Neoplasien

Bei den 18 Patienten mit Neoplasien im Hals-, Nasen- und Ohrenbereich wurde das

- Primum
- 3-mal im Oropharynx,
 - 2-mal im Nasopharynx,
 - 3-mal im Hypopharynx,
 - 1-mal in der Parotis,
 - 3-mal in den Tonsillen,
 - 4-mal im Mundboden und
 - 2-mal im Zungenboden

lokalisiert. Daraus ergibt sich die in Abbildung 8-5 dargestellte Häufigkeitsverteilung bezogen auf Neoplasien im Hals-, Nasen- und Ohrenbereich.

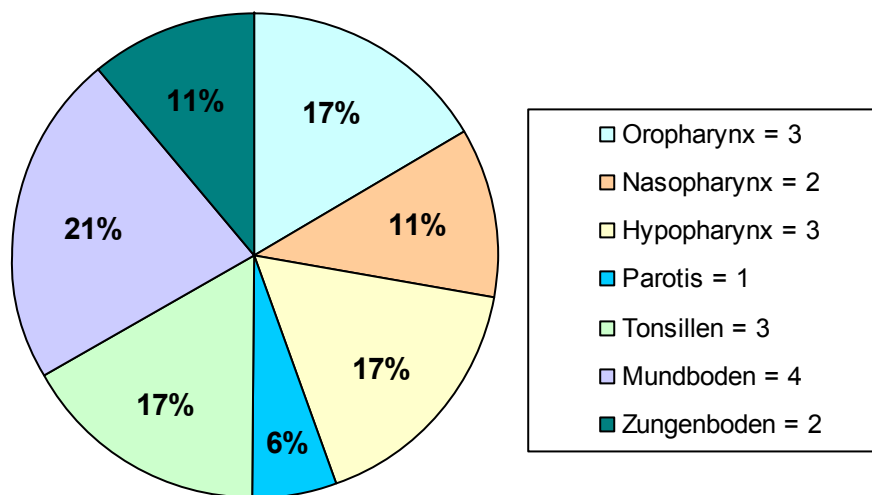


Abb. 8 – 5: Häufigkeitsverteilung der HNO- Neoplasien

Bei den 31 Patienten mit gynäkologischen Neoplasien wurde das Primum

- 2 mal in der Mamma,
- 1 mal im Ovar,
- 1 mal im Endometrium,
- 24 mal in Cervix uteri und
- 2 mal in der Vagina

lokalisiert.

Daraus ergibt sich die Häufigkeitsverteilung bezogen auf gynäkologische Neoplasien in Abbildung 8-6.

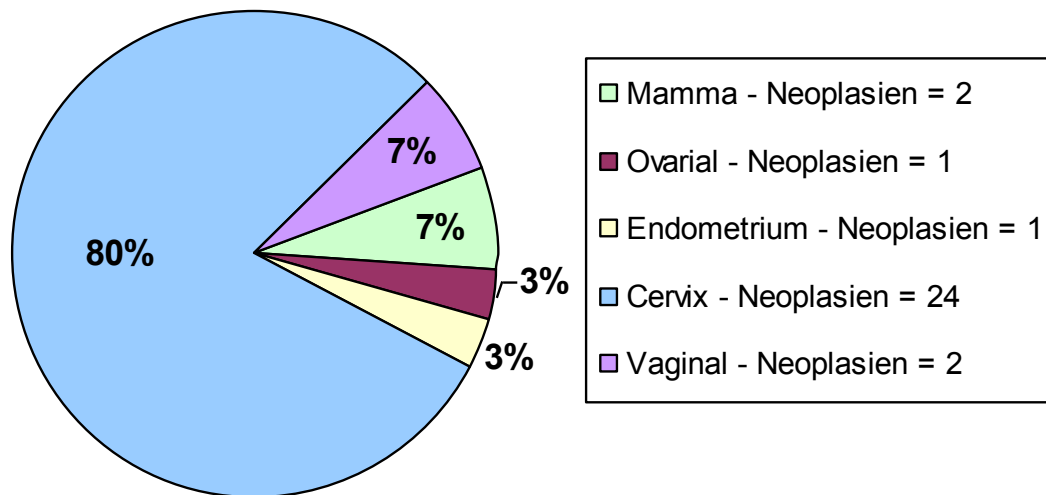


Abb. 8 – 6: Häufigkeitsverteilung der gynäkologischen Neoplasien

c. Methodik der ZVK – Anlage

Im Folgenden beschreiben wir schrittweise die praktische Umsetzung des standardisierten Verfahrens zur Anlage eines zentralen Venenkatheters in modifizierter Seldinger – Technik wie wir sie im Rahmen dieser Arbeit bei allen onkologischen Patienten durchführten. Die Fotodokumentation zeigt intubierte Patienten außerhalb des von uns untersuchten Patientenkollektives und dient nur dem besseren Verständnis.

i. Lagerung des Patienten und vorbereitende Untersuchungen

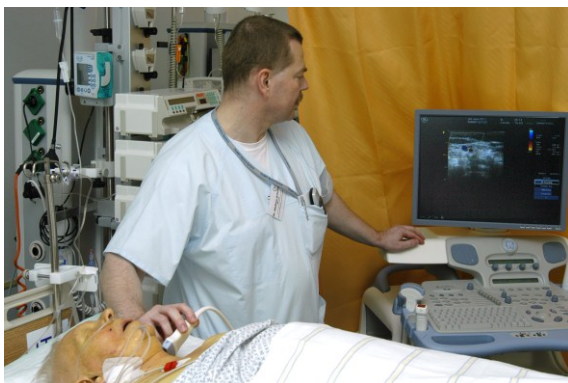
Die Positionierung des wachen und kreislaufstabilen Patienten erfolgte in Rücken- und Kopftieflage von 10 – 15 °, der so genannten Trendelenburg'schen Lagerung.



Den Kopf sollte der Patient möglichst gerade halten, damit die anatomischen Strukturen unbeeinflusst bleiben, und nur diskret zur kontralateralen ($\leq 20^\circ$) Seite neigen, sodass die zu punktierende Seite frei zugänglich ist.



Gegebenenfalls kann man sich mit Hilfe einer Ultraschallsonde einen Überblick über die anatomischen Gegebenheiten verschaffen, insbesondere über das tatsächliche Vorhandensein der Vena jugularis interna, sowie ihr Lageverhältnis zur Arteria carotis communis. Hilfreich kann auch eine Doppleruntersuchung sein, mit der man den Venenverlauf des zu punktierenden Gefäßes verfolgen kann.

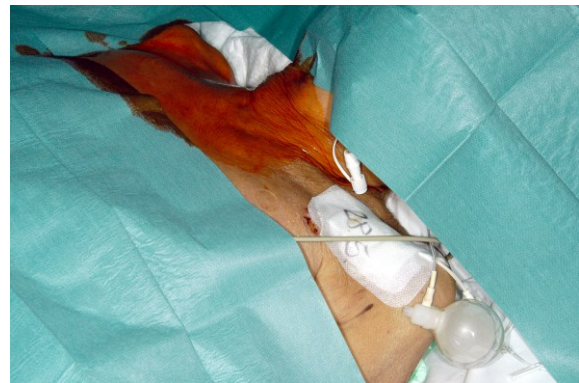


ii. Vorbereitung des Arbeitsplatzes

Der Punkteur arbeitete unter sterilen Bedingungen im OP – Saal und trug die typische OP – Kleidung mit Mundschutz, Kopfbedeckung und den entsprechenden Handschuhen. Ein übersichtlicher Arbeitsplatz ist besonders in hektischen oder kritischen Situationen von Vorteil.



Zunächst wird die Haut gründlich sowohl durch Sprüh – als auch durch Wischdesinfektion mit einer Einwirkzeit von mindestens 90 Sekunden desinfiziert und mit sterilen Tüchern die Umgebung großflächig abgedeckt.



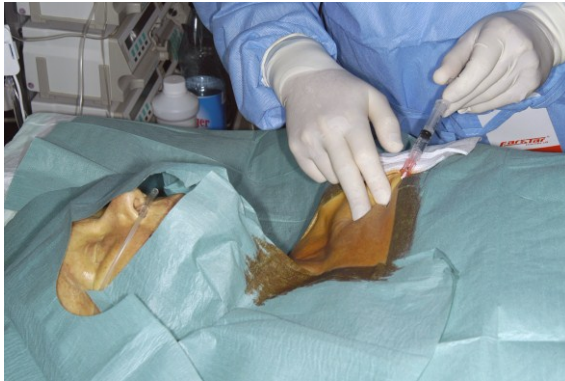
iii. Injektion des Lokalanästhetikums



In das Punktionsgebiet wurden 2 - 5 ml eines Lokalanästhetikums infiltrativ injiziert.

Bis das Lokalanästhetikum seine Wirkung entfaltet hatte, wurde dem wachen Patienten das nun vom ihm verlangte Valsalva – Manöver erklärt. Während der Patient die Luft anhielt und sich die Vene gut füllte, stach der Punkteur mit der Punktionsnadel in kaudaler Richtung in einem Winkel von 30° - 45° auf Höhe des Thyroids durch den Muskelbauch des Musculus sternocleidomastoideus in

Richtung der ipsilateralen Mamille. In einer Tiefe von 2,5 bis 4,5 cm erreicht man normalerweise die Vene.



iv. Aspiration von Blut und Einbringen des Führungsdrahtes

Mit der an die Punktionsnadel angeschlossenen Spritze konnte überprüft werden, ob man die Vene punktiert hat, indem man etwas Blut aspirierte. Dieses ist etwas dunkler als arterielles Blut und fließt nicht pulsatil.



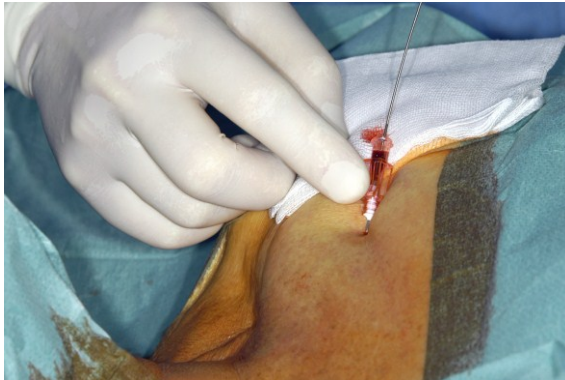
Nach Diskonnektion der Spitze konnte über die Punktionsnadel der Führungsdraht vorgeschoben werden. Dabei sollte auf eine sichere Fixierung des Drahtes geachtet werden, da man den Draht sonst „verlieren“ kann.



Dies kann zu unnötigen und zum Teil auch bedrohlichen Komplikationen führen, da der Draht meist operativ oder interventionell entfernt werden muss.

v. Der Führungsdraht und der Dilatator

Der Führungsdraht wurde zunächst etwa 10 – 15 cm vorgeschoben.



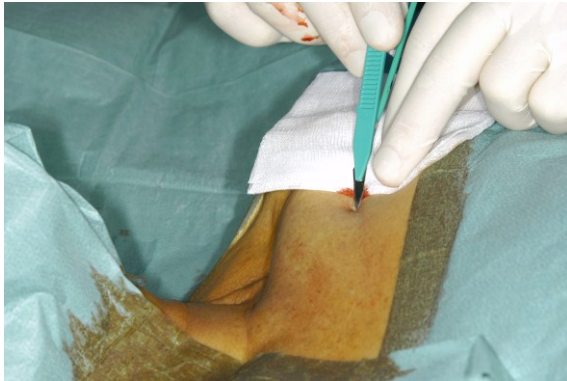
Anschließend wurde die Punktionsnadel entfernt, wobei die Lage des Führungsdrahtes nicht verändert werden sollte.



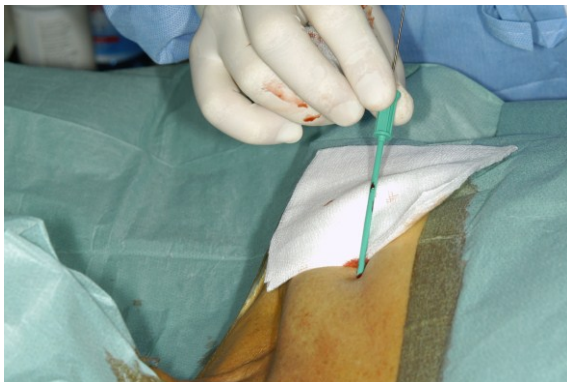
Mit dem Dilatator, der über den Führungsdraht vorgeschoben wurde, konnte der Kanal bis in das Subkutangewebe erweitert werden, sodass die nachfolgende Einführung des Katheters einfacher möglich war.



Mit Hilfe eines Skalpells sollte die Einstichstelle erweitert werden. Dabei sollte auf technisch sauberes Arbeiten geachtet werden, um den Führungsdraht nicht zu zerstören.



Der Dilatator wurde im Anschluss daran entfernt.



vi. Einbringen des Katheters

Der zentrale Venenkatheter wurde über den Führungsdraht in die Vene vorgeschoben.



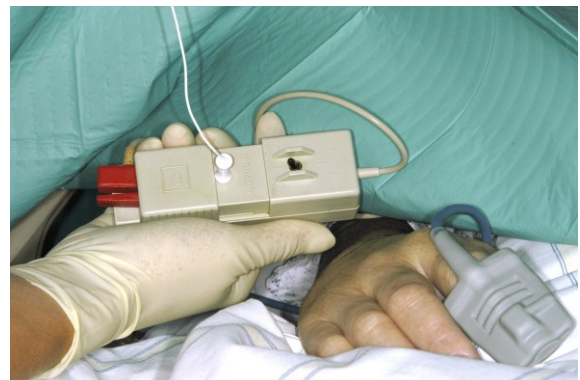
Dies sollte nach Möglichkeit recht einfach und ohne kraftefordernde Widerstände funktionieren.



Eine Längenmarkierung auf dem Führungsdraht gab Aufschluss, wann die Katheterspitze die des Drahtes fast erreicht hatte. Währenddessen stand das Drahtende nur minimal über.

vii. EKG – Kontrolle

An das freie Ende des Führungsdrahtes wurde mittels Krokodilklemme der Certodyn ® - Universaladapter als elektrische Weiche befestigt, um mit der Katheterspitze als negativer Elektrode eine bipolare Ableitung herstellen zu können.

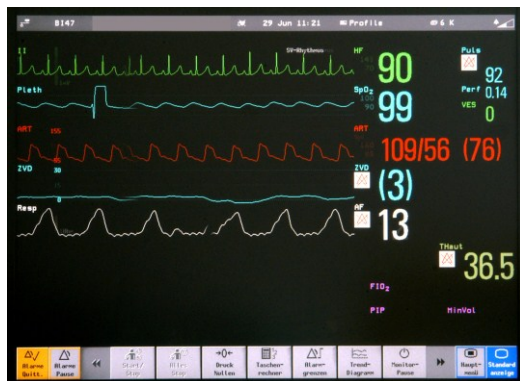


Das bisher über die Hautelektroden abgeleitete Brustwand - EKG konnte anschließend über eine so genannte switch – box, die EKG – Weiche, auf ein intrakardiales EKG umgeschaltet werden. Der Katheter wurde auf die 10 cm Markierung in das Hautniveau zurückgezogen. Ist dieser Punkt erreicht, wurden

Katheter und Draht zusammen unter kontinuierlicher Ableitung des intrakardialen EKG's vorgeschoben. Dies sollte sehr leicht und ohne Hindernisse funktionieren.

viii. Positionierung des Katheters

Schob man den Katheter samt Führungsdraht weiter, konnte im EKG die typische Veränderung in Form einer Erhöhung der p – Wellen gesehen werden.

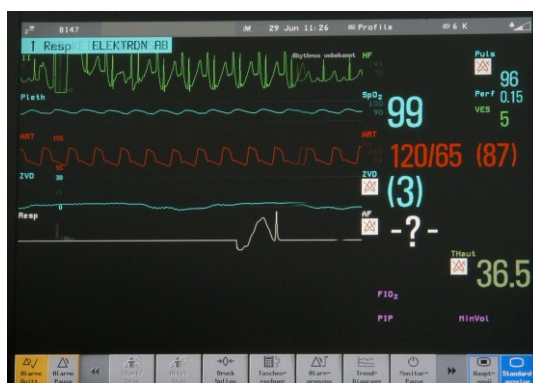


Dabei stellte sich das intravasal abgeleitete EKG ähnlich dieser Abbildung dar und war der Ausgangspunkt.

Die Einführtiefe in Abhängigkeit vom Hautniveau bis zum so genannten Umschlagpunkt vermerkten wir als p_{rise} . Dies wurde auf dieser Abbildung markiert.



Auf diesem EKG – Ausschnitt erkennt man p_{max} , also die maximale Steigerung der p - Welle.



Hatte die p – Welle ihre maximale Steigerung erreicht, konnte man davon ausgehen, dass man sich mit der Spitze des Führungsdrahtes und damit mit der Katheterspitze zwischen Vena cava superior und rechtem Vorhof befand. Aus

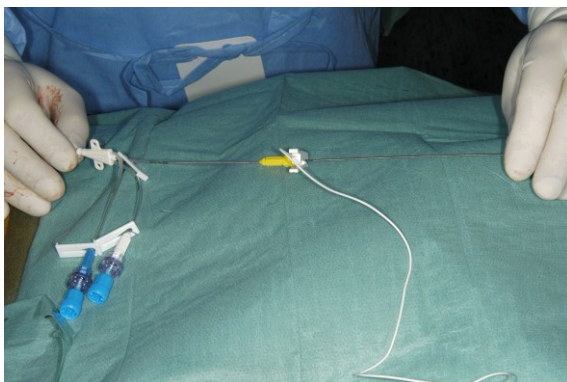
unseren Untersuchungen an kardiochirurgischen Patienten wissen wir, dass sich die ZVK – Spitze dann am kranialen Ende der Crista terminalis befindet. An den Längenmarkierungen des Katheters konnte nun die Einführtiefe für p_{\max} abgelesen werden. Der Katheter wurde nun um einen Zentimeter auf $p_{\max} - 1$ zurückgezogen, damit er sicher außerhalb des rechten Vorhofes zum Liegen kam. Zu jedem Patienten notierten wir die entsprechenden Einführtiefen für p_{rise} , p_{\max} und $p_{\max} - 1$. Während der gesamten EKG – Ableitung war die Kopftieflage des Patienten und damit die Trendelenburg'sche Lagerung aufgehoben, aber der Patient lag weiter flach auf dem Rücken.

ix. Fixierung des Katheters

Nun wurde ein Clip zur Befestigung des Katheters angebracht. Dieser wurde dann mit ein bis zwei Hautnähten pro Seite fixiert, um ein Hinein- oder Herausrutschen des Katheters weitestgehend zu verhindern.



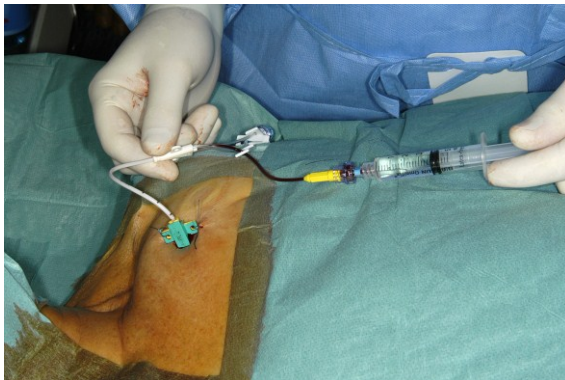
Anschließend konnte auch der Führungsdraht entfernt werden.



Dabei sollte trotz Annäherung sorgfältig darauf geachtet werden, dass man den Katheter nicht aus seiner vorherigen Position bringt.

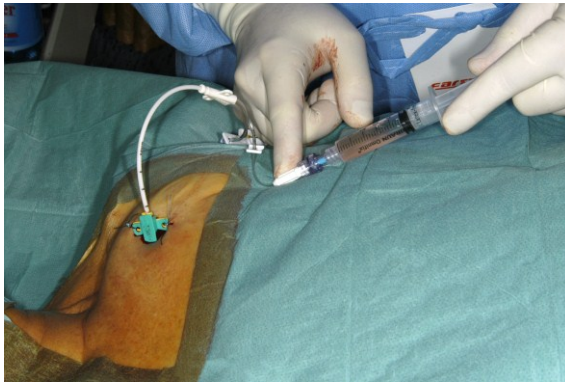
x. Aspirationskontrolle

Nun wurden alle Lumina auf ihre freie Aspirierbarkeit und Durchgängigkeit für physiologische Kochsalzlösung geprüft. Dies sollte einfach funktionieren, da sonst von einer Fehllage des Katheters (d.h. Winkel zur Cavawand größer 40°) ausgegangen werden musste.



Bedacht werden sollte, dass dies keine sichere Vorhersage zur korrekten Lage des Katheters ist. Unter Umständen sind alle Lumina frei und es lässt sich einfach Blut aspirieren, obwohl der Katheter in einem falschen Gefäß, wie bei einem Hämatothorax außerhalb des Gefäßes oder korrekt in der Vena cava superior, aber mit einem Winkel von mehr als 40° liegt.

Abhängig von der Leichtigkeit der Aspiration traf der Punkteur zu einigen Patienten eine Vorhersage bezüglich des Vorhandenseins eines Winkels zwischen Katheterspitze und Cavawand. Als Aussagen standen ihm „parallel“ oder „nicht parallel“ zur Auswahl, wobei „parallel“ einem Winkel von kleiner 40° und „nicht parallel“ einem Winkel von mehr als 40° entspricht. Diese Aussagen wurden notiert und später mit den tatsächlich im Röntgenbild gemessenen Winkeln verglichen.



Wichtig ist die anschließende Spülung aller Lumina mit 0,9 prozentiger Kochsalzlösung, da sonst das aspirierte Blut gerinnt und der Schenkel unbrauchbar wird.

xi. Säubern, Verbinden und Dokumentation

Das Blut auf der Haut in der Nähe der Punktionsstelle wurde beseitigt und diese mit einem Pflaster abgedeckt.



Der Patient blieb noch ein paar Minuten liegen und sollte sich dann langsam aufrichten. Anschließend wurden der Typ des Katheters, eventuell aufgetretene Komplikationen und andere relevante Daten zum Patienten notiert. Zu diesen gehören unter anderem das Alter, das Gewicht, die Größe, das Anlage – Datum, die Diagnose sowie die entsprechend punktierte Vene und die Punktionsversuche.

d. Methodik der Datenerhebung

Im Folgenden wird mit einigen Beispielbildern beschrieben, wie anhand der im PACS gespeicherten Thorax – Röntgenbilder, die Distanz zwischen dem rechten tracheobronchialen Winkel (RTBW) und der Katheterspitze sowie der Winkel, welchen die Katheterspitze mit der Wand der Vena cava superior bildet, in standardisierter Form und damit unter den Patienten vergleichbar ausgemessen wurde.

i. Übersicht über die anatomischen Verhältnisse

Die Thorax – Röntgenbilder der von uns untersuchten onkologischen Patienten, denen ein zentraler Venenkatheter gelegt worden ist, wurden zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit immer als posterior – anterior – Aufnahme, im Stehen und bei möglichst tiefer Inspiration aufgenommen. Entsprechend „veratmete“ oder im Liegen aufgenommene Bilder wurden nicht ausgewertet. Nachdem das jeweilige Bild geladen wurde,

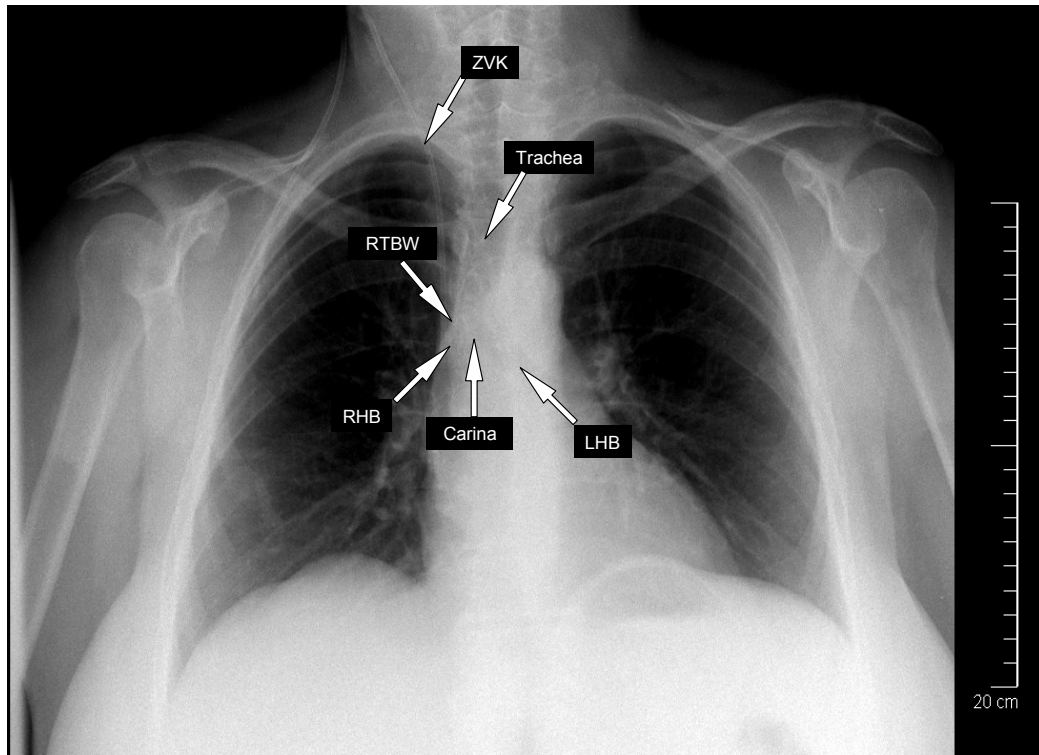


Abb. 8-7: Patientin mit ZVK via RIJV (RTBW = rechter tracheobronchialer Winkel, RHB = rechter Hauptbronchus, LHB = linker Hauptbronchus)

verschafften wir uns zunächst einen Überblick über die anatomischen Verhältnisse wie in Abbildung 8-7 und in der inversen Abbildung 8-8 markiert.

Dabei legten wir auch ein Augenmerk auf das Skelettsystem und das übrige Umfeld, da Patienten mit skelettalen Abnormitäten wie Kyphoskoliose (siehe Abb. 8-9) oder pathologischen Veränderungen des Lungengewebes wie beispielsweise Totalatelektasen (siehe Abb. 8-10) aufgrund der Nichtvergleichbarkeit auszuschließen waren.

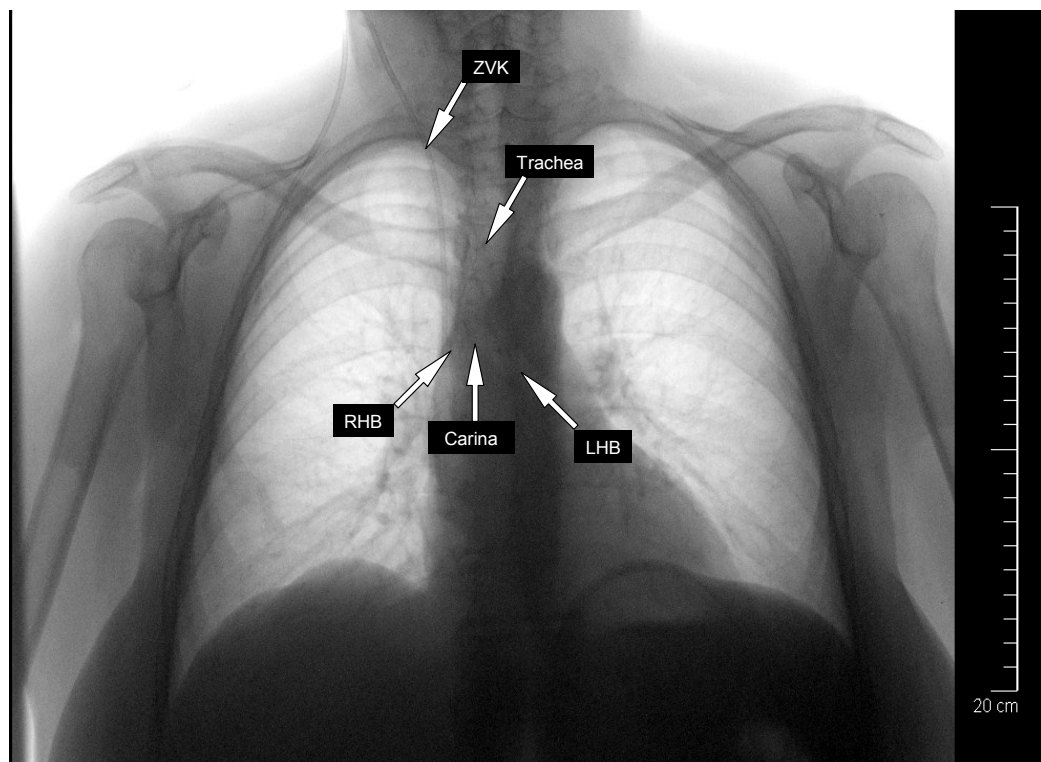


Abb.8-8: Inverses Röntgenbild der Patientin mit ZVK via RIJV

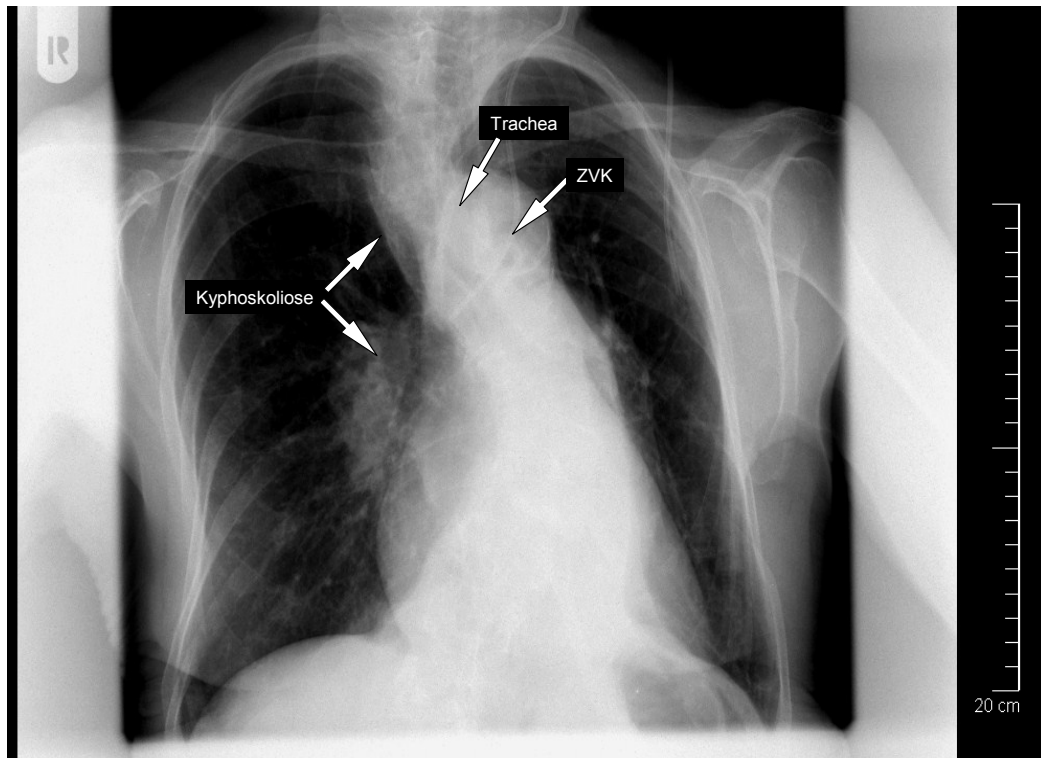


Abb. 8-9: Patientin mit ausgeprägter Kyphoskoliose

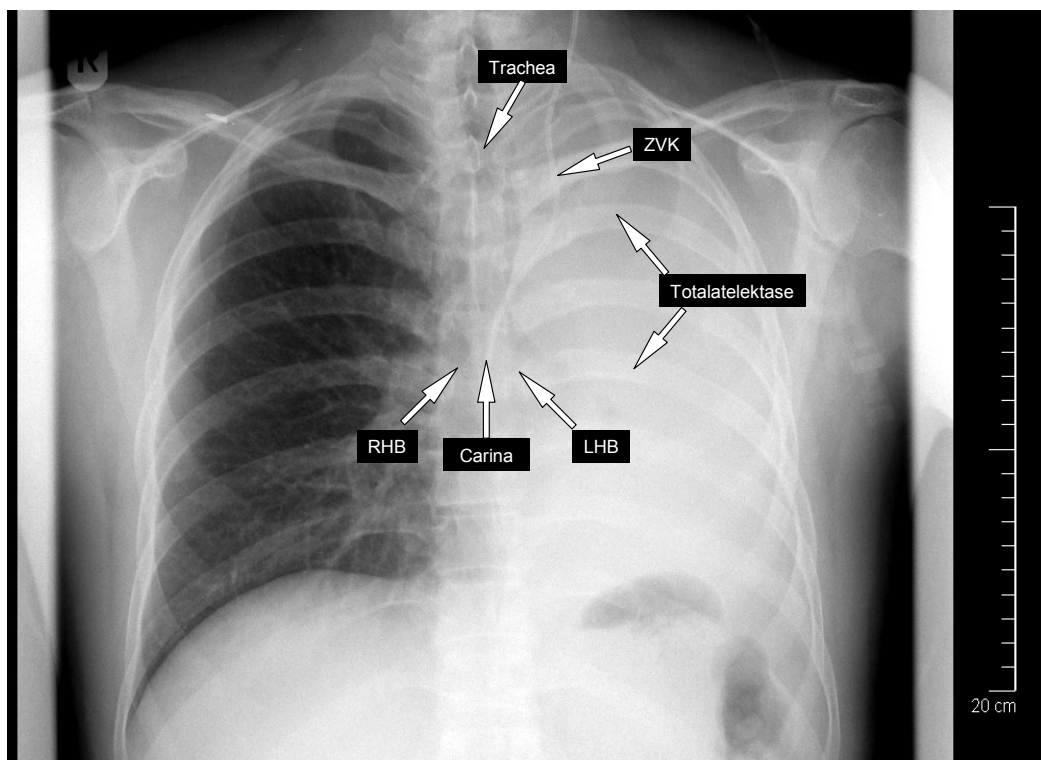


Abb. 8-10: Patient mit linksseitiger Totalatektase

ii. Aufsuchen des rechten tracheobronchialen Winkels

Anhand anatomischer Landmarken wie der Trachea, dem rechten (RHB) und linken Hauptbronchus (LHB) suchten wir zunächst die Carina tracheae und den rechten tracheobronchialen Winkel (RTBW) auf.

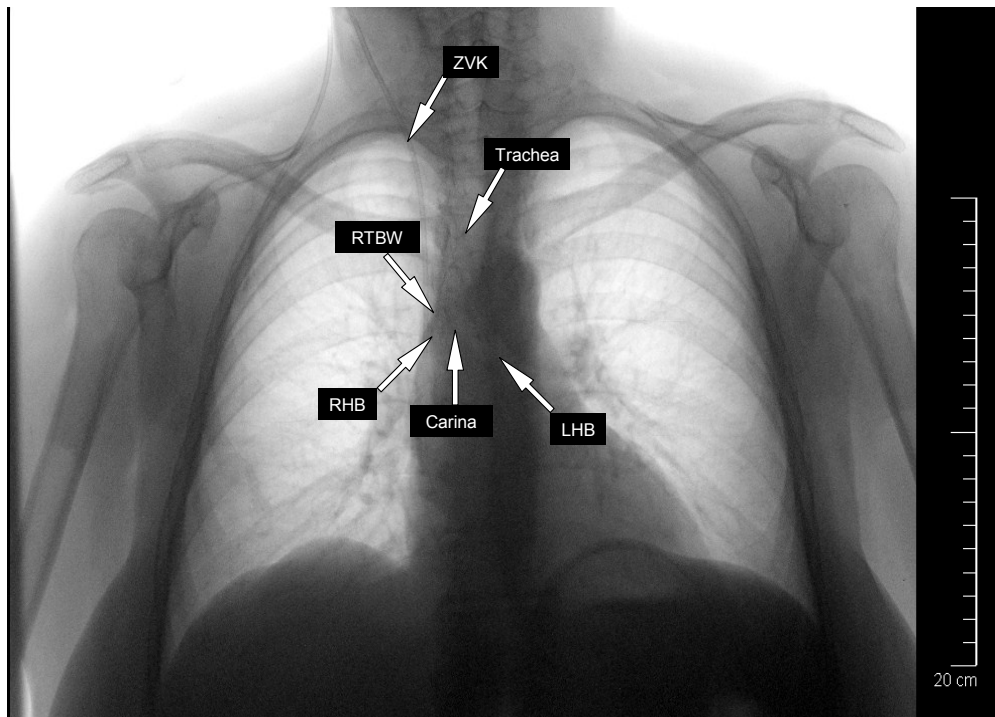


Abb. 8-11: Patientin mit ZVK via RIJV

iii. Messen der Distanz zwischen rechtem tracheobronchialen Winkel und der Katheterspitze

Vom rechten tracheobronchialen Winkel ausgehend wurde wie im folgenden Bild (Abb. 8-12) dargestellt die Einföhlrlänge der ZVK – Spitze ausgemessen.

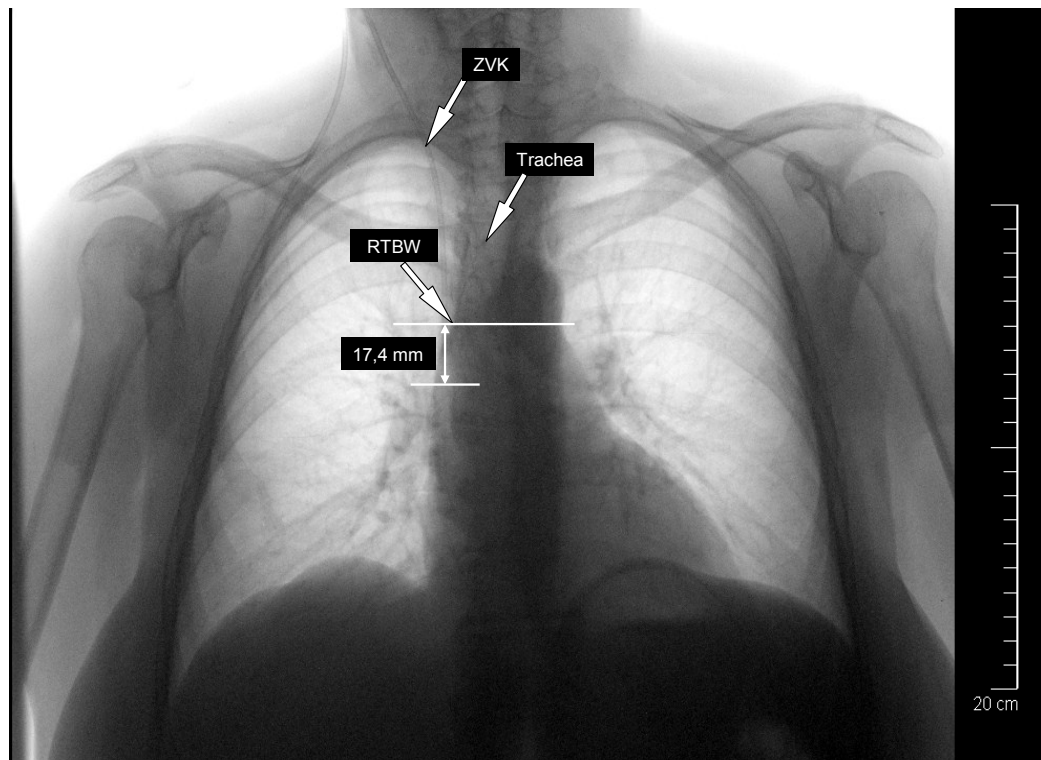


Abb. 8-12: Distanz zwischen RTBW und Katheterspitze bei einem ZVK via RIJV

iv. Messen des Winkels

Um den Winkel zwischen der Katheterspitze und der Wand der Vena cava superior messen zu können, markierten wir die unteren 15 – 20 mm der Spitze. Mit Hilfe der angle – Funktion des PACS – Systems konnte anschließend der Winkel wie in Abbildung 8 - 13 dargestellt bestimmt werden.

A. Winkel $< 40^\circ$

Den Winkel, den der Katheter zur Cavawand im nachfolgenden Bild hat, war $14,4^\circ$ groß und damit kleiner als 40° . Definitionsgemäß lag der Katheter also parallel zur Cavawand.

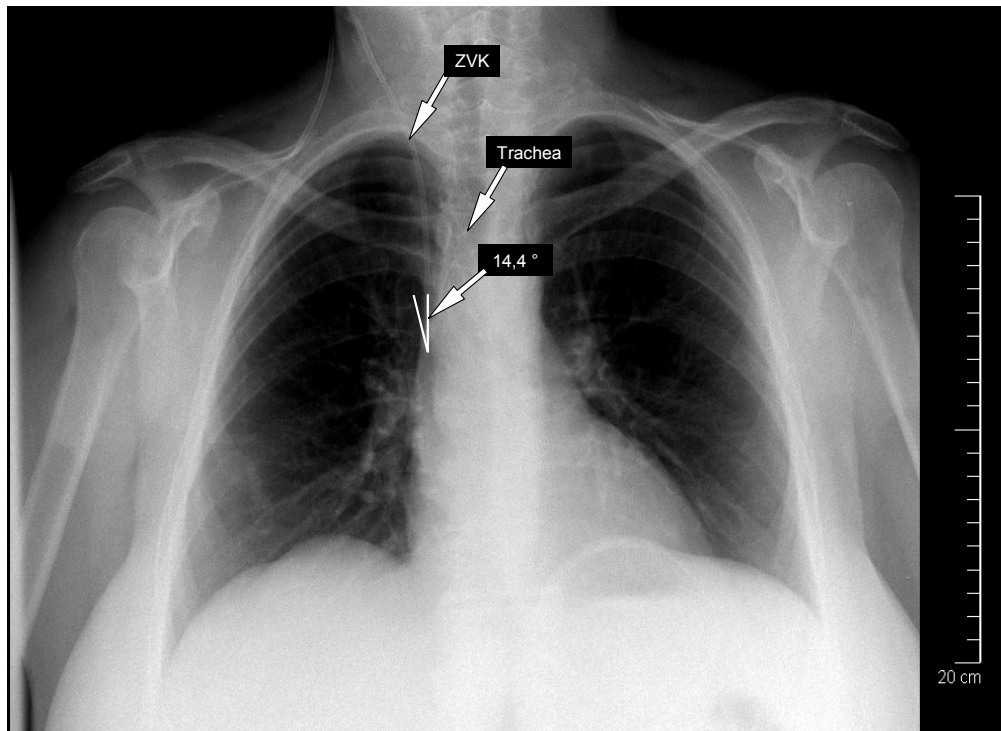


Abb. 8-13: Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand bei einem ZVK via RIJV

B. Winkel $> 40^\circ$

Im Unterschied zu den zuvor gezeigten Bildern handelt es sich auf den nun folgenden Bildern um einen ZVK über die linke Vena jugularis interna. Auch hier verschafften wir uns zunächst ein Überblick über die anatomischen Verhältnisse.

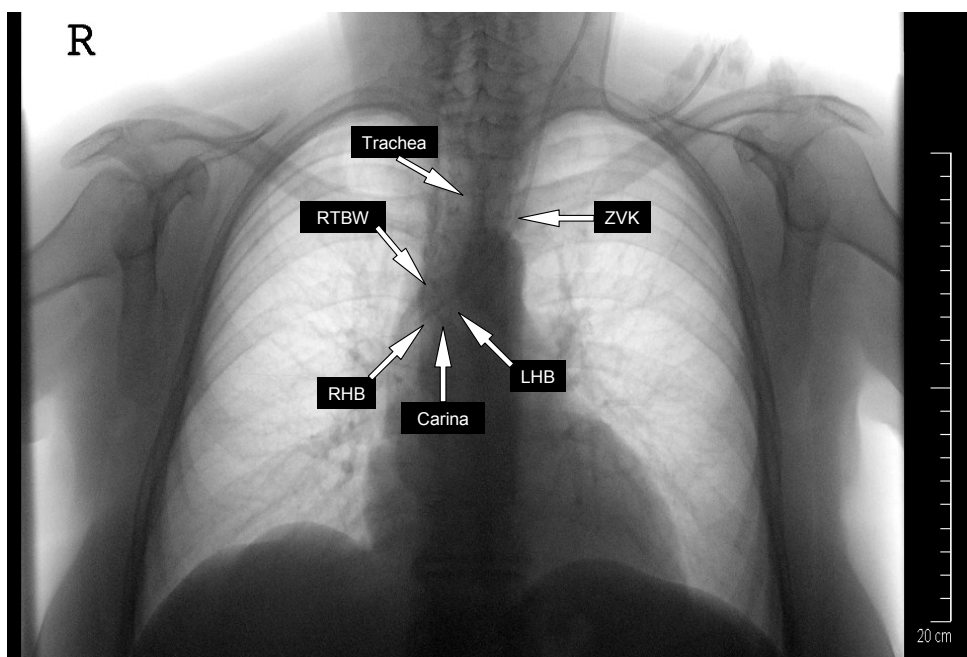


Abb. 8-14: Patientin mit ZVK via LIJV

Das Ausmessen der Einföhrlänge des Katheters in Abhangigkeit vom rechten tracheobronchialen Winkel erfolgte analog zur rechten Seite.

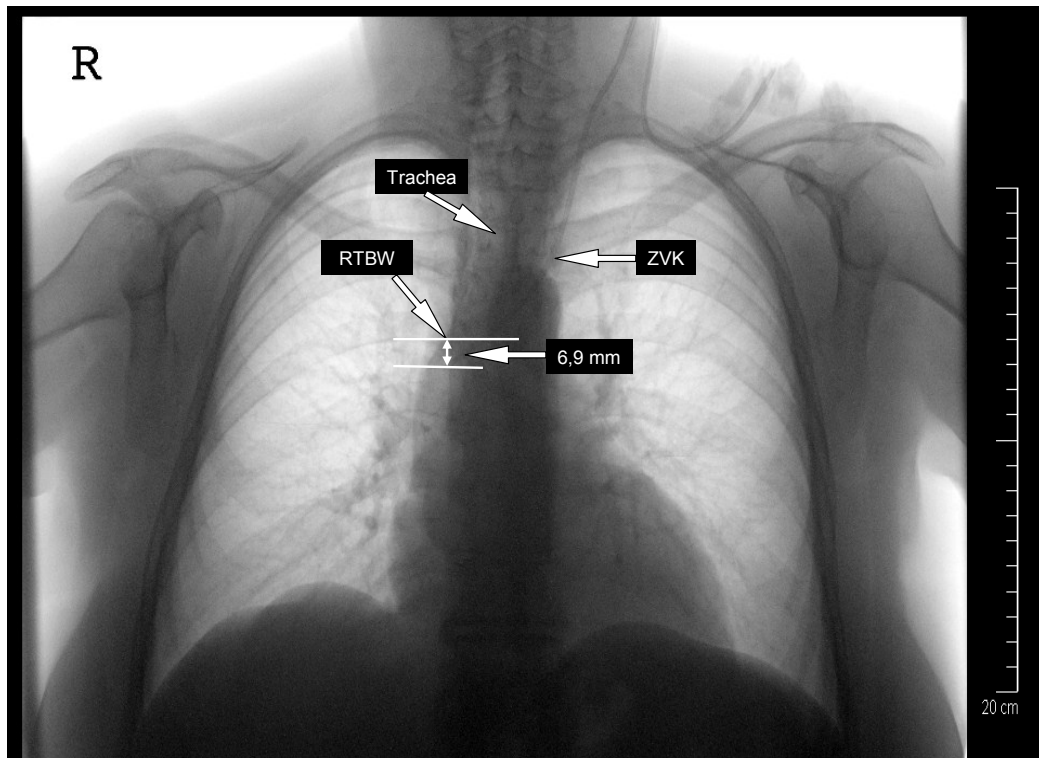


Abb. 8-15: Abstand zwischen RTBW und Katheterspitze bei ZVK via LIJV

Der Winkel, den die Katheterspitze mit der Cavawand bildete, betrug 55,6°.

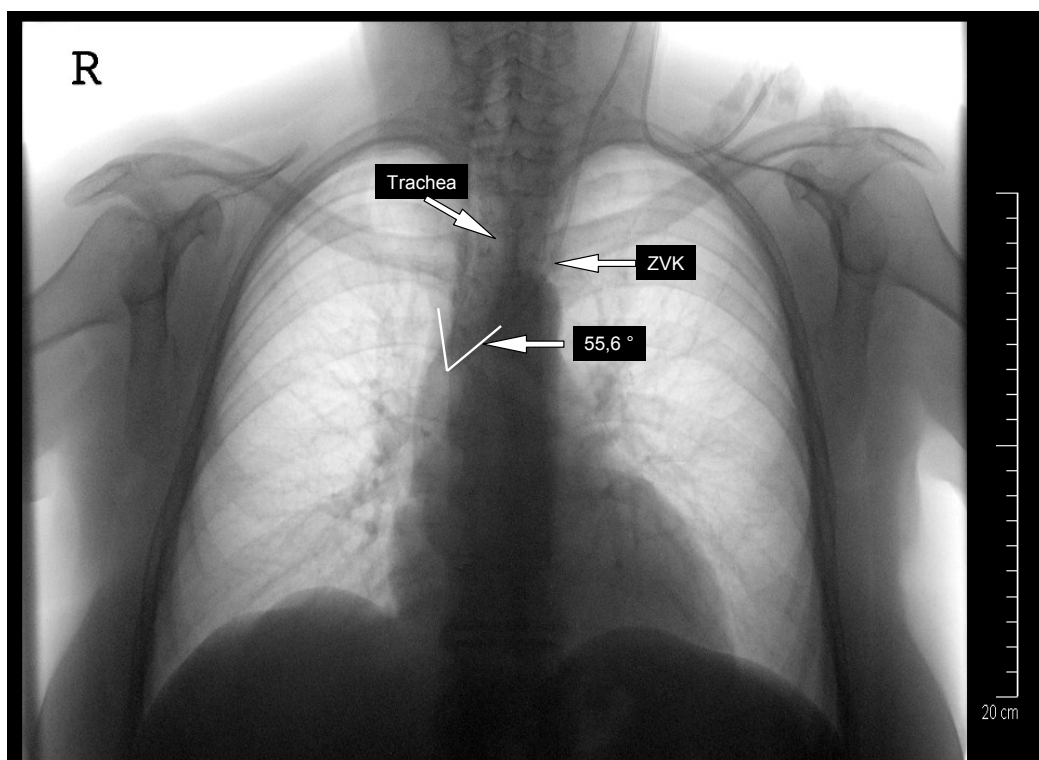


Abb. 8-16: Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand bei einem ZVK via LIJV

Der Winkel war also größer 40° und damit eine potentielle Gefahr für die Patientin, da dadurch das Risiko für eine Perforation der Cavawand deutlich erhöht ist.

9. Ergebnisse

a. Allgemein

Nach Erhebung der patientenspezifischen Charakteristika wie Name, Patientennummer, Geburtstag, Geschlecht, Gewicht, Größe, sowie Grund- und Begleiterkrankung erfolgte die ZVK – Anlage in standardisierter Form, wie sie ausführlich im Methodikteil beschrieben wurde. Anschließend wurden alle anlagerelevanten Merkmale wie Seite, punktiertes Gefäß, Anzahl der Punktionen, in welcher Höhe die Hautnaht erfolgte und aufgetretene Komplikationen festgehalten. Für eine kleinere Anzahl von Patienten wurden weitere Daten wie beispielsweise die Einführtiefe, an welcher die p – Welle im EKG maximal wurde und die von der freien Aspirierbarkeit abhängige Vorhersage bezüglich vorhandener Parallelität der Katheterspitze zur Cavawand notiert. Diese Ergebnisse werden in der Subgruppenanalyse beschrieben.

Den 104 männlichen und 89 weiblichen Patienten mit durchschnittlichem Alter von rund 60 Jahren [60,03 Jahre, SD = 11,144 Jahre], denen im Zeitraum von September 2003 bis Februar 2006 ein ZVK zur anschließenden Chemotherapie gelegt wurde, wurde 73 Mal die rechte und 120 Mal die linke Seite punktiert. Dabei kam es zu folgender Häufigkeitsverteilung der punktierten Gefäße (Abb. 9-1).

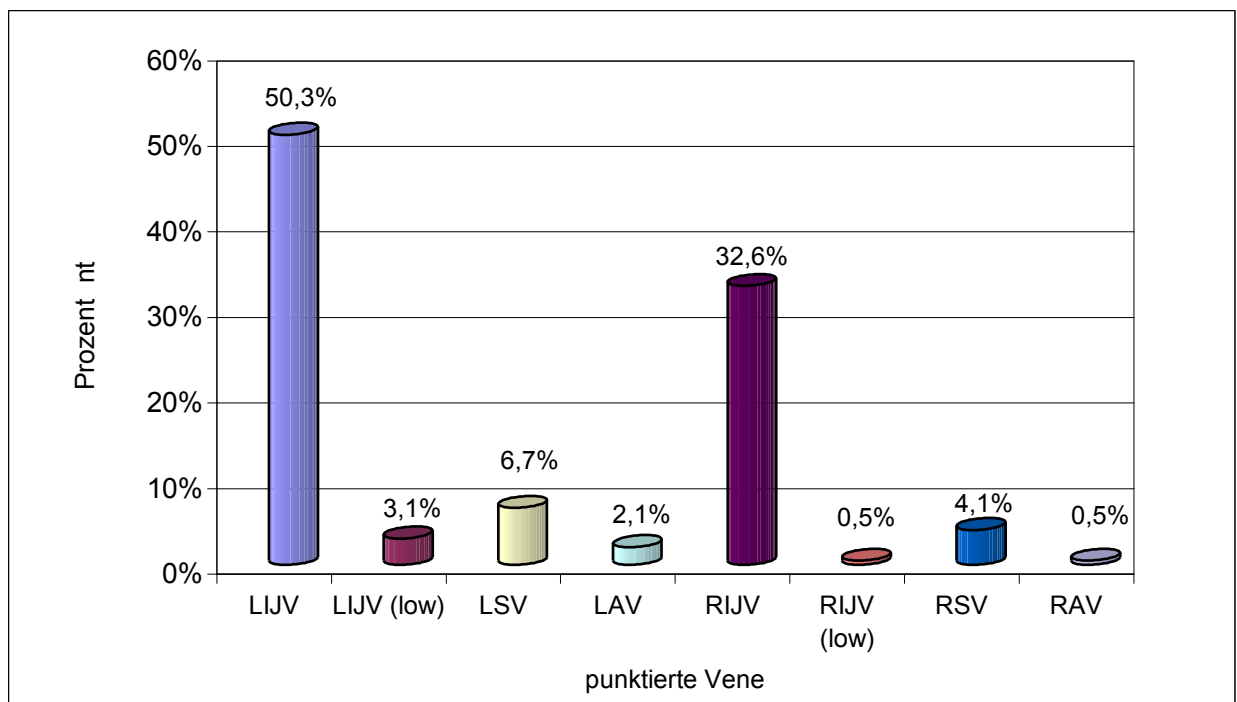


Abb. 9-1: Häufigkeitsverteilung der punktierten Gefäße

b. Fehllagen und aufgetretene Komplikationen

Um möglicherweise vermeidbare Komplikationen abschätzen zu können, ist es wichtig, bestehende Veränderungen der anatomischen Gegebenheiten vor Anlage eines ZVK zu evaluieren, um gegebenenfalls entsprechend darauf reagieren zu können. Allerdings sei voran gestellt, dass aufgrund mangelnder Dokumentation bei vorherigen Punktionen und bei den eventuell aufgetretenen Komplikationen diese Auflistung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann.

Bei sechs Patienten fand sich eine strukturverdrängende Struma, welche bei einem Patienten aufgrund des enormen Volumens zu einer Lateralisierung der Gefäße führte. Aufgrund eines intrazervikalen Hämatoms waren bei einem anderen Patienten die LIJV nach lateral außerhalb der üblichen anatomischen Landmarken verschoben. Bei zwei Patientinnen fiel ein so genannter „Schwanenhals“ auf. Dies ist eine rein deskriptive Bezeichnung für Menschen mit meist recht niedrigen BMI ($\text{BMI} < 20$), die einen extrem langen Hals haben und bei denen die Vermutung nahe liegt, dass dementsprechend auch die Halsstrukturen inklusive der Vena jugularis sehr zart sind. Auch zuvor erfolgte Operationen im Punktionsgebiet können die Anatomie verändern. So war bei zwei Patienten eine semiradikuläre neck – dissection beidseits und bei zwei anderen Patienten mit einer Neoplasie des Hypopharynx eine Tracheotomie durchgeführt worden. Eine Patientin erhielt zuvor eine Carotis – Thrombendarteriektomie beidseits und wies gleichzeitig eine Claviculafraktur rechts auf.

Ebenso kann die Grunderkrankung respektive deren bisherige Therapie Einfluss auf katheterassoziierte Komplikationen haben und sollten daher dem Punkteur vor der Punktion bekannt sein. So befand sich bei einem Patienten mit einer tonsillären Neoplasie das Bestrahlungsfeld im Bereich der Punktionsstelle. Ein weiterer Patient litt an einer transfusionspflichtigen Anämie. Bei einem Patienten musste ein bereits tumorös infiltriertes Gefäß punktiert werden, da sich kein tumorfreies Gefäß fand.

Sinnvoll erschien es uns auch die katheterassoziierten Komplikationen, die bei vorherigen ZVK - Anlagen aufgetreten sind, festzuhalten. So fand sich bei einem Patienten eine ZVK – Thrombose und bei einer anderen Patientin war eine Staphylococcus aureus – Infektion bei der routinemäßig durchgeführten mikrobiologischen Aufarbeitung der Katheterspitze nachweisbar. Bei einem Patienten

war es bei dreiwöchiger Liegezeit des Katheters in der dritten Woche zu einem Extravasat gekommen.

Nachdem die rechte Seite mehrfach frustriert punktiert worden war und anschließend die LIJV als Zugangsweg gewählt wurde, hatte ein Patient einen Pneumothorax links entwickelt. Eine Patientin hatte einen ZVK via LIJV bekommen, während bereits ein ZVK in der RIJV lag. Lediglich über den linksseitigen ZVK wurde die palliative Chemotherapie appliziert. Über den anderen ZVK erhielt die Patientin aufgrund der bereits fortgeschrittenen Erkrankung mit transfusionspflichtiger Anämie mehrere Erythrozytenkonzentrate.

Prinzipiell handelt sich bei unserem Patientengut um onkologische Patienten, welche den ZVK zur Chemotherapie erhalten haben. Lediglich zwei Patienten mit fortgeschrittenem Tumorleiden erhielten den ZVK zur Gabe der parenteralen Ernährung.

Von einer Fehlpunktion spricht man, wenn der Katheter nicht im zentralen Venensystem platziert werden konnte. Insgesamt kam es bei den 193 Patienten zu 21 Fehlpunktionen. Es wurde fünfmal ein arterielles und einmal ein lymphatisches Gefäß punktiert. Ohne augenscheinlichen Anhaltspunkt für eine Ursache konnte bei 15 Punktionen der Führungsdraht nicht zentral platziert werden, sodass diese Punktion - wie auch die anderen sechs - abgebrochen wurden. Meist gelang dem erfahrenen Punkteur der nächste Versuch, welcher in einigen Fällen beispielsweise nach einer arteriellen Punktion auf der Gegenseite unternommen wurde.

Nach der Punktion wurden die Distanz der Katheterspitze in Abhängigkeit vom rechten tracheobronchialen Winkel und der Winkel zwischen der Katheterspitze und der Wand der oberen Hohlvene in den im Zeitintervall von maximal 24 Stunden angefertigten posterior – anterior Röntgenthoraxbild wie im Methodikteil ausführlich beschrieben ausgemessen. Nachdem alle Daten in die entsprechenden Tabellen übertragen wurden, erfolgte mit Hilfe des SPSS – Programms (SPSS 2005) die statistische Analyse. Die Ergebnisse wurden in der folgenden Tabelle (Tab. 9-1) und dem nachfolgenden Boxplot (Abb. 9-2) zusammengefasst.

Bezüglich des Begriffes „Hautnaht“ sei noch anzumerken, dass die Strecke an der entsprechenden Längenmarkierung des Katheters in Höhe der Hautnaht abgelesen wurde. Daher verwenden wir nur den Begriff Hautnaht, meinen aber die abgelesene Streckenlänge.

Seite		Distanz RTBW zur Katheterspitze [mm]	Winkel [°]	Hautnaht [cm]	BMI	Länge [cm]	Gewicht [kg]	Alter [a]
Links	Mittelwert	25,167	21,348	17,28	24,948	169,45	72,13	60,49
	N	120	120	120	120	120	120	120
	Standardabweichung	16,1381	15,5042	1,979	4,3869	8,938	15,788	10,573
	Median	26,300	16,000	17,00	24,200	168,50	70,00	62,00
	Minimum	-22,3	3,7	13	16,7	148	44	18
	Maximum	82,1	83,2	22	41,5	196	120	80
	Spannweite	104,4	79,5	9	24,8	48	76	62
Rechts	Mittelwert	37,532	12,748	14,92	25,511	168,77	72,53	59,26
	N	73	73	73	73	73	73	73
	Standardabweichung	16,9844	4,1293	1,362	4,4835	8,103	13,597	12,059
	Median	33,900	12,100	15,00	24,800	168,00	72,00	60,00
	Minimum	-2,5	6,6	12	16,0	148	44	18
	Maximum	78,2	23,3	18	36,3	186	112	81
	Spannweite	80,7	16,7	6	20,3	38	68	63

Tab. 9-1: Patientendaten

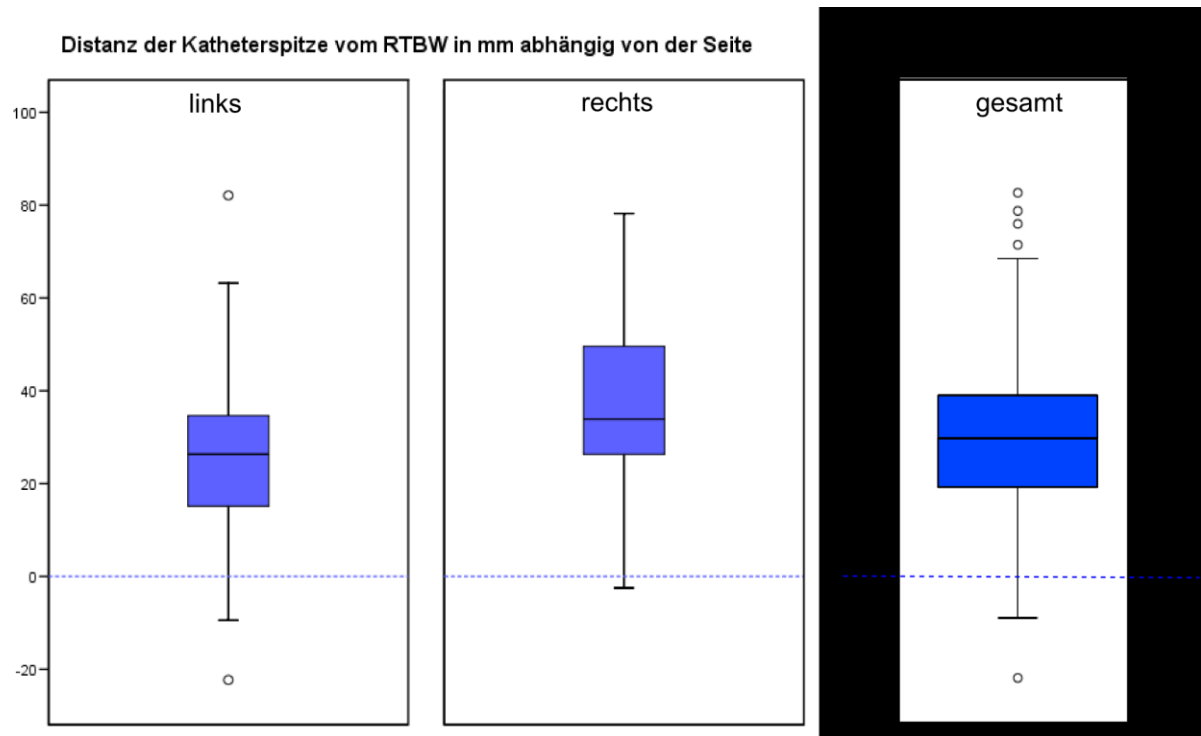


Abb. 9-2a: Boxplot_Distanz der Katheterspitze vom RTBW in mm

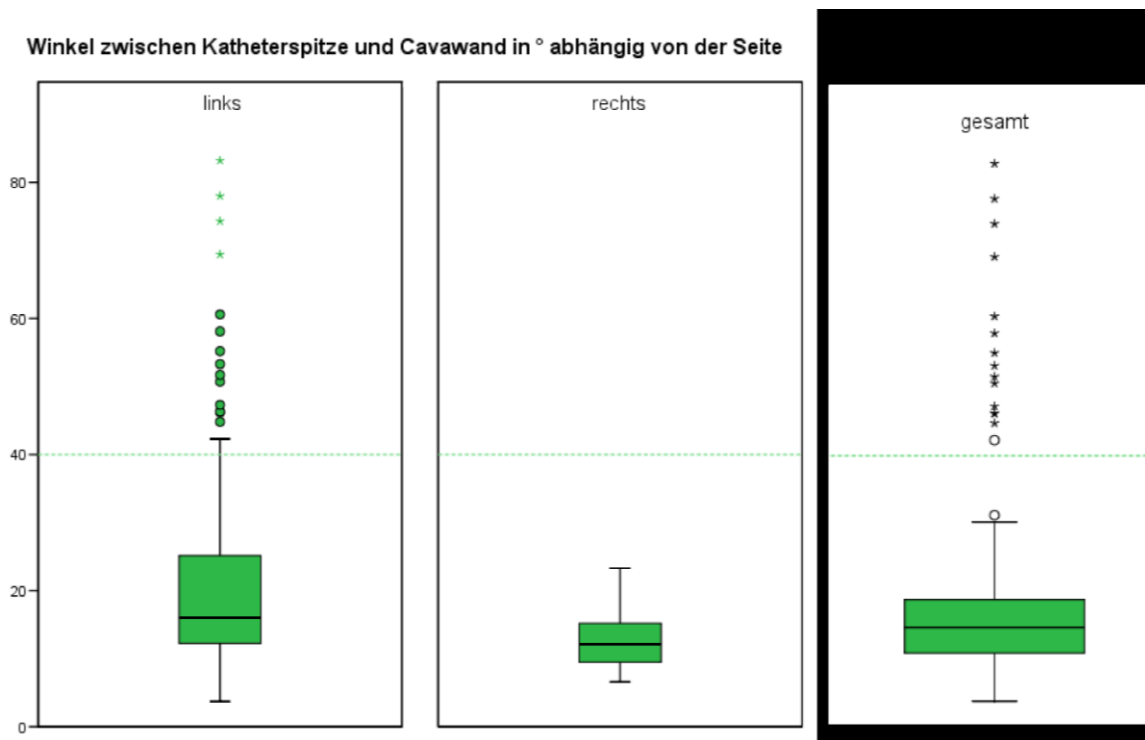


Abb. 9-2b: Boxplot_Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand in °

Bei den 193 ausgewerteten Röntgenbildern kam es, wie im folgenden Diagramm (Abb. 9-3) dargestellt wird zu 15 Fehllagen mit einem Winkel größer als 40° (8%), bei 30 (16 %) Patienten war der Winkel zwischen 20 und 40 ° und bei den übrigen 148 (76 %) war der Winkel kleiner als 40°.

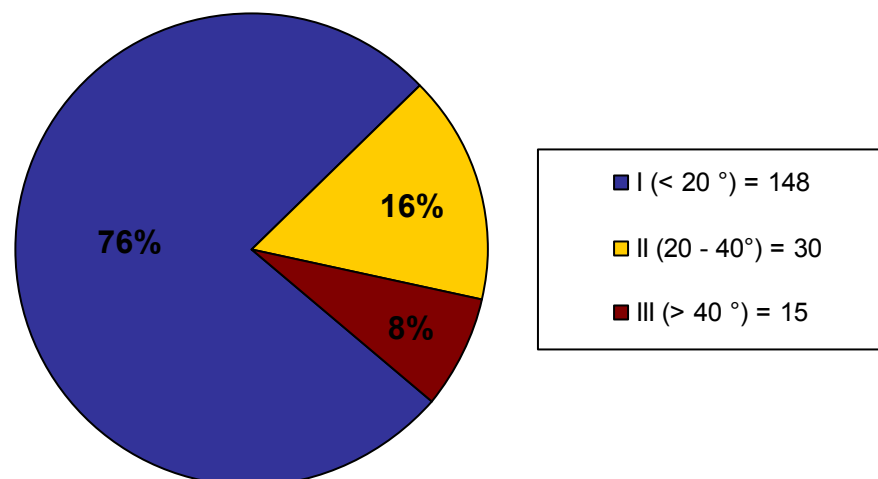


Abb. 9-3: Die gemessenen Winkel (gesamt)

Unterscheidet man dies nun nach den Seiten, so ergeben sich die folgenden beiden Diagramme (Abb. 9-4 rechts und Abb. 9-5 links).

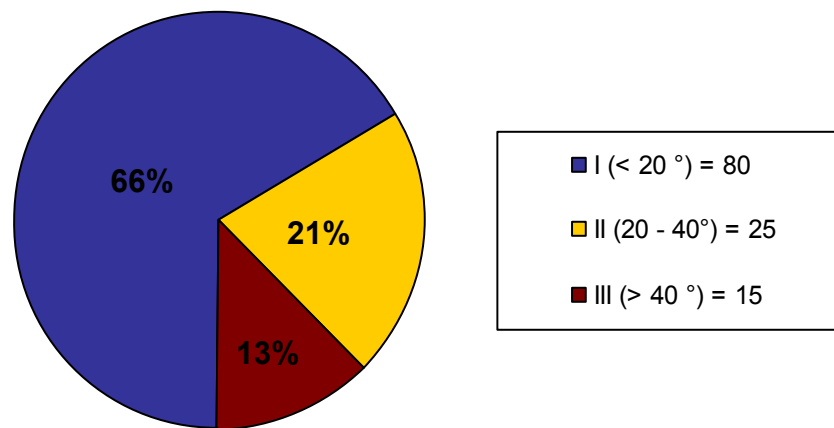


Abb. 9-4: Die gemessenen Winkel (links)

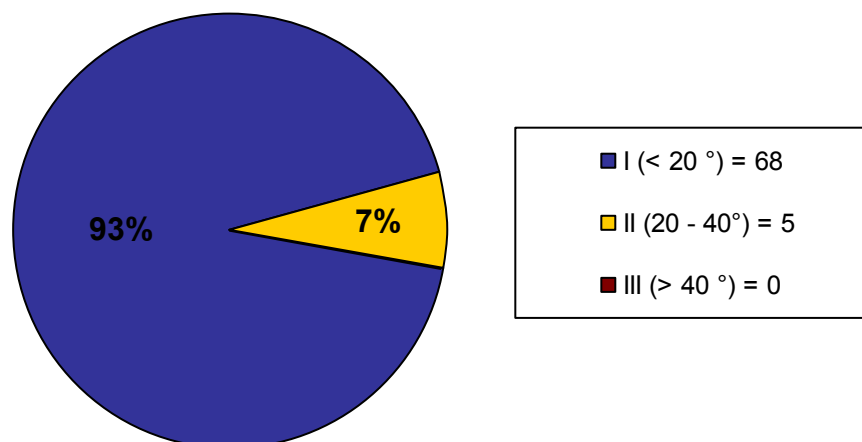


Abb. 9-5: Die gemessenen Winkel (rechts)

Aus der grafisch dargestellten Häufigkeitsverteilung der Winkel abhängig von der Seite resultiert auch der linksseitig höhere Mittelwert von $21,35^\circ$ ($SD = 15,5^\circ$) der Winkel im Vergleich zur rechten Seite [Mittelwert von $12,74^\circ$ ($SD = 4,1^\circ$)] und im Verhältnis zum Gesamtdurchschnitt [Mittelwert von $18,10^\circ$ ($SD = 13,1^\circ$)]. Der recht hohe Wert der Standardabweichung der linksseitigen Winkel und der Winkel der gesamten Population lässt sich durch die vielen extremen „Ausreißer“ links erklären, wie im folgenden Boxplot mit Markierung des jeweiligen Medians dargestellt.

Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand in ° abhängig von der Seite

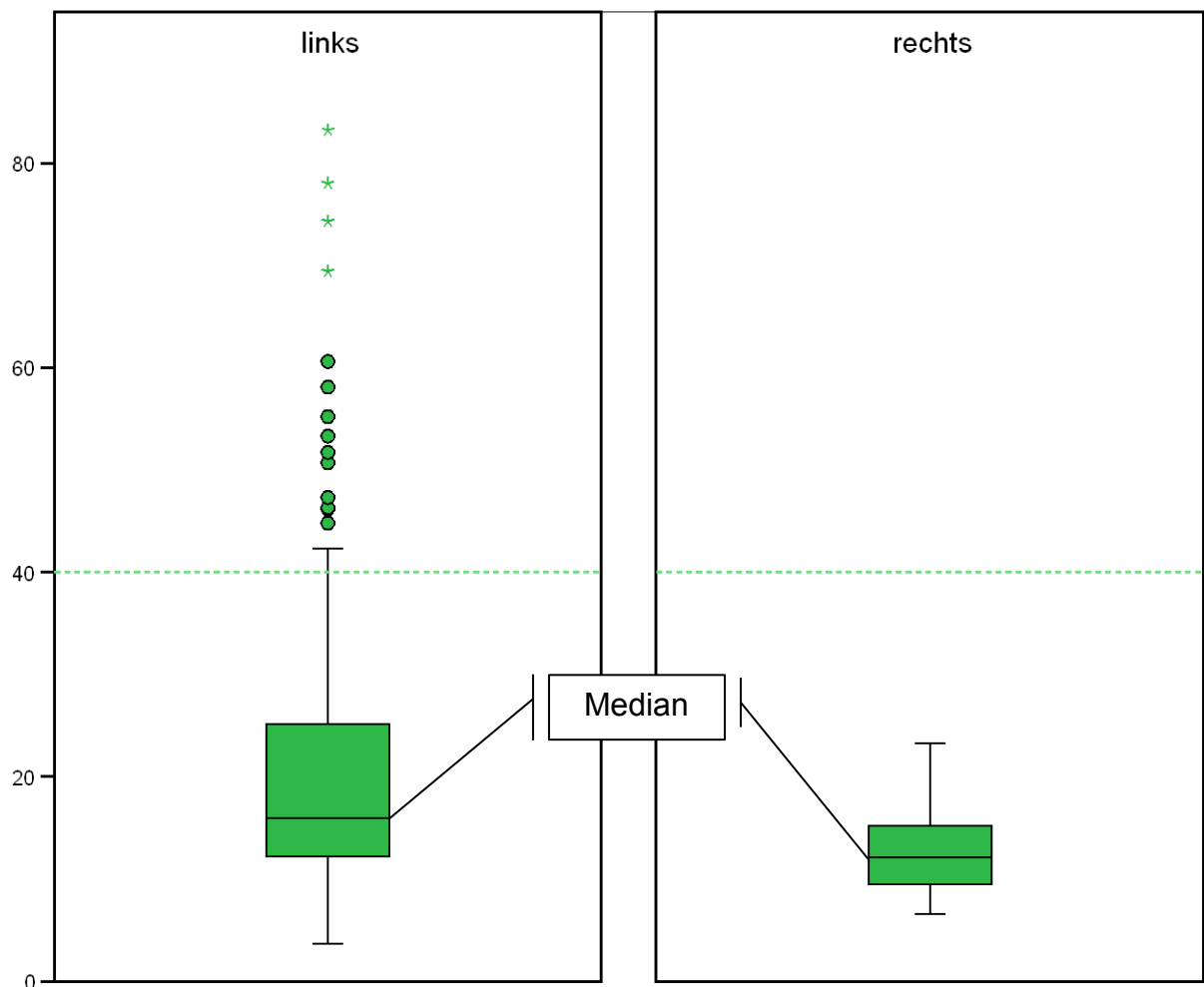


Abb. 9-6: Winkel in ° - Boxplot für rechte und linke Seite

Bezüglich der Distanz der Katheterspitze vom rechten tracheobronchialen Winkel scheint sich anhand der Mittelwerte rechts von 37,53 mm (SD = 16,98 mm) und links von 25,17 mm (SD= 16,14 mm) der Trend zu bestätigen, dass die linksseitigen Katheter weniger tief eingeführt wurden. Dies könnte auch ein Grund für die häufiger bei linksseitigen Punktionen aufgetretenen Winkel größer als 40° sein.

Die Höhe des RTBW entspricht im Boxplot der Null-Linie, welche mit einer blauen Linie markiert wurde. Positive Werte kennzeichnen ein Katheterende unterhalb des RTBW und negative Werte entsprechen oberhalb des RTBW endenden Kathetern.

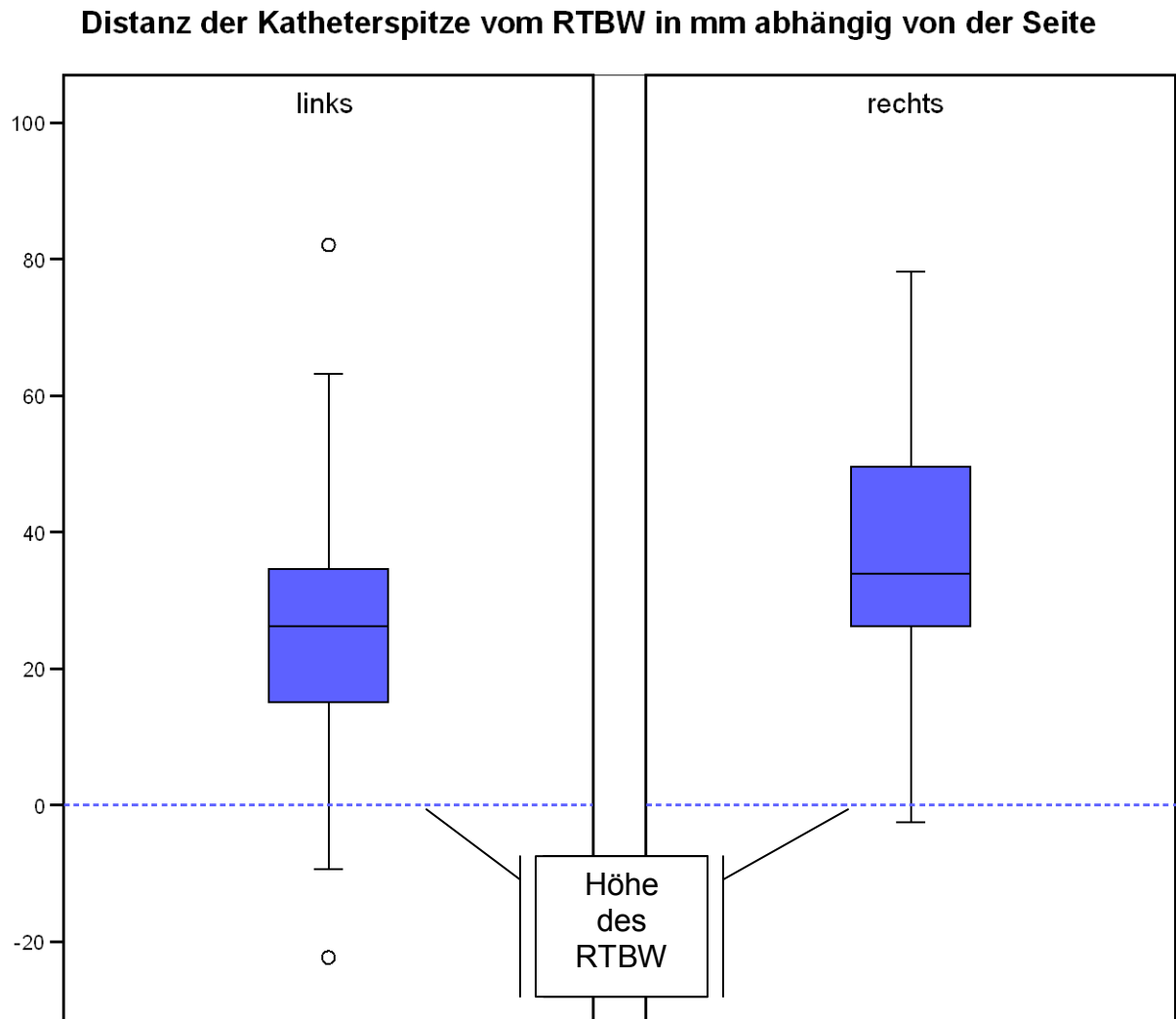


Abb. 9-7: Distanz in mm - Boxplot für rechte und linke Seite

Im folgenden Boxplot (Abb. 9-8) kann die Diskrepanz der seitenspezifischen Hautnähte und ihrer entsprechenden Mittelwerte erfasst werden.

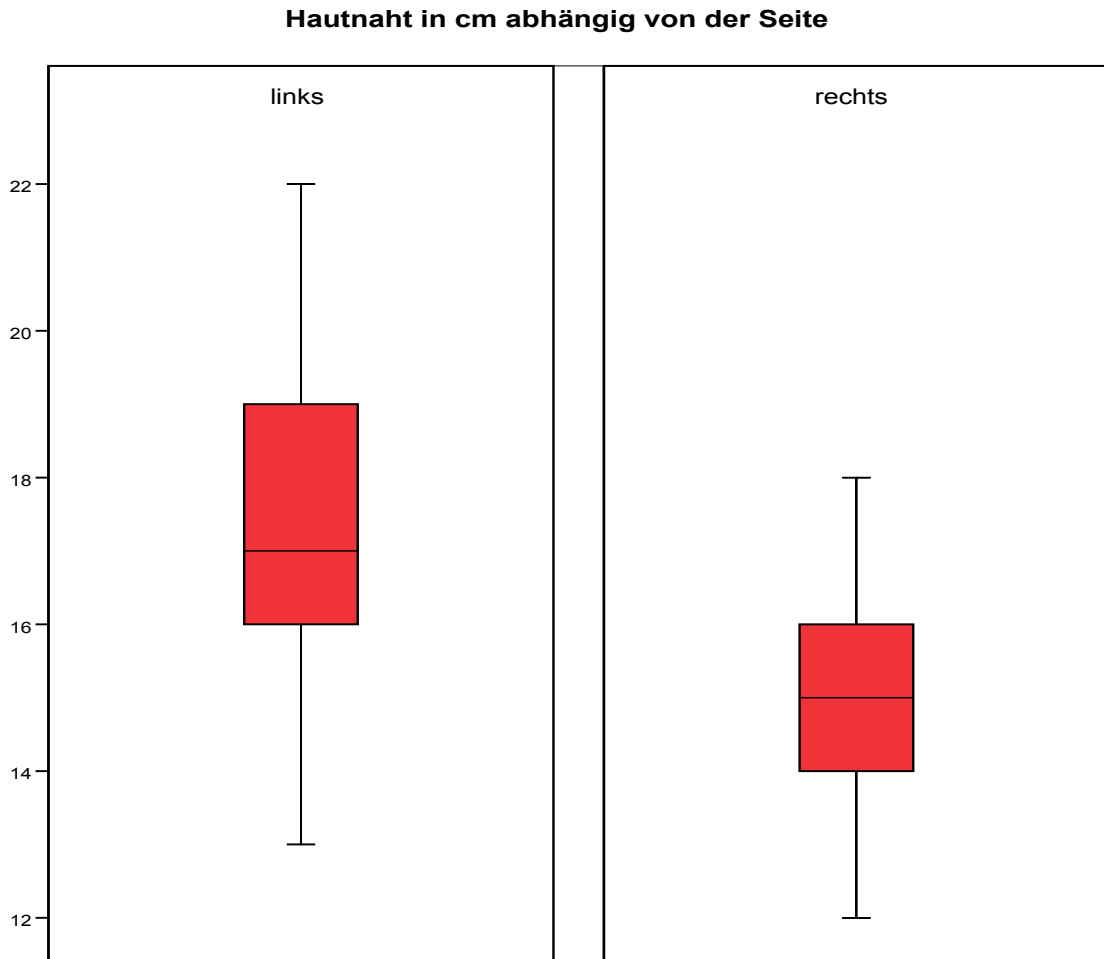


Abb. 9-8: Hautnaht in cm - Boxplot für rechte und linke Seite

Im Folgenden sollen die Probleme zusammengefasst werden, welche bei den von uns untersuchten Röntgenbildern aufgetreten waren.

Bei einem Patienten mit einem Tracheostoma bei Oropharynx – Neoplasie eine Brachiocephalikafehllage und bei drei Patienten fand sich während der röntgenologischen Auswertung eine Malposition des Katheters im Sinne einer Azygosfehllage. Der Nachweis einer Azygosfehllage im Röntgenbild ist anhand eines Kalibersprunges des Gefäßes, in welchem der Katheter liegt, möglich. Dabei erinnert die Form des Katheters an ein „Ringelschwänzchen“. Der röntgenologische Begriff „Ringelschwänzchen“ beschreibt also eine Fehllage des Katheters in der Vena azygos. Für die Patienten stellt dies ein erhebliches Risiko aufgrund der erhöhten Gefäßperforationsgefahr dar, so dass der Katheter nach dieser Diagnose umgehend gezogen werden muss.

Bei einem Patienten sahen wir im Röntgenbild ein so genanntes curved tip sign, welches einen prädiktiven Hinweis auf eine möglicherweise bevorstehende

Gefäßperforation darstellt. Dabei legt sich die ZVK – Spitze plötzlich der lateralen Wand der Vena cava superior an.

c. Vorhersage auf freie Aspirierbarkeit

Für eine Gruppe von 39 Patienten traf der Punkteur nach erfolgter klinischer Funktionsprüfung auf freie Aspirierbarkeit aller Lumina die Vorhersage, ob der von ihm platzierte zentrale Venenverweilkatheter parallel zur Wand der Vena cava superior liegt, also einen Winkel kleiner 40° hat, oder ob der Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand größer als 40° ist. Dies entspricht definitionsgemäß einer Fehllage mit deutlich erhöhtem Gefäßperforationsrisiko (Schummer et al. 2001, Daily 1988, Duntley et al. 1992, Gravenstein und Blackshear 1991, Mukau et al. 1991, Robinson et al. 1995, Tocino und Watanabe 1986). Anschließend verglichen wir diese Vorhersagen mit den röntgenologisch gemessenen Winkeln.

Zum besseren Verständnis sei vorangestellt, dass wir die Parallelität zwischen Katheterspitze und Cavawand als das negative Ereignis ansahen, während ein Winkel größer 40° von uns als positives Testergebnis gewertet wurde. Insgesamt trafen, wie in Tabelle 9-2 zu erkennen ist, 27 der 39 Vorhersagen zu, 12 waren entsprechend falsch. Des Weiteren geht aus der Tabelle hervor, dass von den insgesamt 27 richtigen Aussagen 26 richtig negativ (d) und 1 richtig positiv (a) ist. Während von den 12 falschen Aussagen 10 falsch positiv (c) und 2 falsch negativ (b)

Vorhersage↓	Realität →	Winkel	Parallel	Insgesamt
Winkel $> 40^\circ$		1 (a)	2 (b)	3 (a + b)
Parallel (Winkel $< 40^\circ$)		10 (c)	26 (d)	36 (c + d)
Insgesamt		11 (a + c)	28 (b + d)	39

Tab. 9-2: Auswertung der Vorhersagen insgesamt

sind. Aus den Werten in Tabelle 9-2 lassen sich die statistischen Werte Spezifität, Sensitivität, positiver und negativer Vorhersagewert ermitteln. Diese geben Aufschluss über die Validität des Testverfahrens, also den Grad der Übereinstimmung der Vorhersagen und der Tatsachen.

Die Sensitivität ($a/[a + c]$) beträgt 0,0909. Das entspricht einer Wahrscheinlichkeit von 9 %, dass durch den Test auf freie Aspirierbarkeit ein Winkel richtig vorhergesagt wird. Die Spezifität ($d/[b + d]$) ist 0,9286, also 93 % Wahrscheinlichkeit, dass die Parallelität durch den Test richtig vorhergesagt wird. Während der positive Vorhersagewert ($d/c + d$) 0,7222 ist, ergibt sich ein negativer Vorhersagewert

($a/[a + b]$) von 0,333. Der positive Vorhersagewert gibt eine 72%-ige Wahrscheinlichkeit an, dass vorhergesagte Parallelität auch tatsächlich zutrifft. Der negative Vorhersagewert bestimmt eine Wahrscheinlichkeit von 33%, dass ein vorhergesagter Winkel $> 40^\circ$ auch im Röntgenbild nachweisbar ist.

Um diese Ergebnisse besser interpretieren zu können, erscheint es sinnvoll die Patienten abhängig von der Anlageseite in zwei Gruppen zu unterteilen. Demnach sind in der Gruppe mit einem ZVK auf der rechten Seite 16 Patienten und in der Gruppe mit einem ZVK auf der linken Seite 23 Patienten. Die graphische Verteilung veranschaulicht das folgende Kreisdiagramm. (Abb. 9-9)

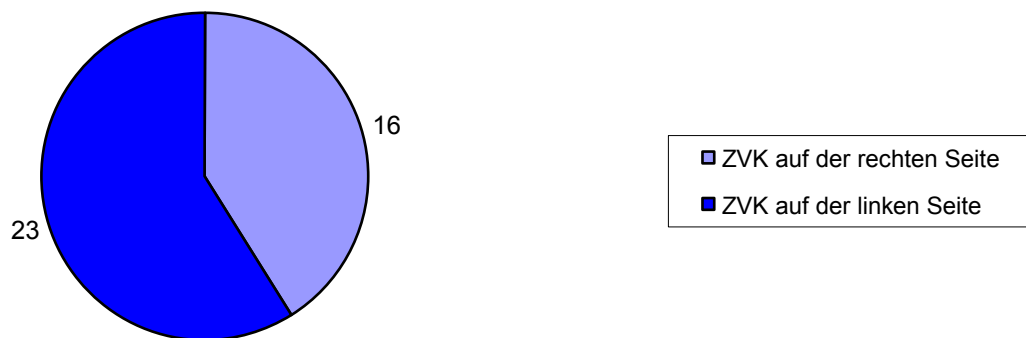


Abb. 9-9: Verteilung der Seiten

Erwartungsgemäß treffen, wie in Tab. 9-3 zu erkennen ist, alle 16 richtig negativen Aussagen für die rechte Seite zu, denn auch röntgenologisch ließ sich bei keinem der 16 Patienten ein Winkel größer 40° messen.

Vorhersage↓	Realität →	Winkel	Parallel	insgesamt
Winkel $> 40^\circ$		0 (a)	0 (b)	0 (a + b)
Parallel (Winkel $< 40^\circ$)		0 (c)	16 (d)	16 (c + d)
Insgesamt		0 (a + c)	16 (b + d)	16

Tab. 9-3: Auswertung der Vorhersagen für die rechte Seite

Da alle 16 getroffenen Aussagen zutrafen, ergeben sich eine Spezifität von 1 und eine Sensitivität von 0, sowie ein negativer Vorhersagewert von 0 und ein positiver Vorhersagewert von 1.

Interessanter wird die Auswertung bezüglich der 23 Vorhersagen zur linken Seite. Von den 23 Vorhersagen waren 11 richtig und 12 falsch. Dies veranschaulicht auch die Tab. 9-4.

Vorhersage↓	Realität →	Winkel	Parallel	insgesamt
Winkel $> 40^\circ$		1 (a)	2 (b)	3 (a + b)
Parallel (Winkel $< 40^\circ$)		10 (c)	10 (d)	20 (c + d)
Insgesamt		11 (a + c)	12 (b + d)	23

Tab. 9-4: Auswertung der Vorhersagen für die linke Seite

Abhängig von der freien Aspirierbarkeit aller Lumina wurden nur 10 (d) der ZVK als parallel zur Cavawand liegend richtig negativ vorausgesagt. Bei weiteren 10 (c) Patienten wurde ein Winkel von mehr als 40° vermutet. Dies bestätigte sich röntgenologisch nicht, daher handelt es sich um falsch positive Vorhersagen. Bei lediglich einem Patienten wurde die richtige positive Aussagen getroffen, dass aufgrund der erschwerten Aspirierbarkeit die Katheterspitze einen Winkel größer 40° mit der Wand der Vena cava superior bildet. Dagegen wurde bei zwei Patienten Parallelität vorhergesagt, obwohl der ZVK im Röntgenbild tatsächlich einen Winkel größer 40° aufwies. Aus diesen Ergebnissen resultieren für die linke Seite eine Spezifität von 0,8333 und eine Sensitivität von 0,0909. Durch den Test auf freie Aspirierbarkeit kann also für ZVK auf der linken Seite mit 83%-iger Wahrscheinlichkeit die röntgenologisch nachgewiesene Parallelität und mit 9%-iger Wahrscheinlichkeit ein Winkel größer 40° richtig vorhergesagt werden. Der negative Vorhersagewert beträgt 0,3333, also eine Wahrscheinlichkeit von 33 %, dass ein vorhergesagter Winkel von mehr als 40° röntgenologisch nachweisbar ist. Der positive Vorhersagewert ist 0,5. Die entspricht einer 50 % Wahrscheinlichkeit, dass die vorhergesagte Parallelität im Röntgenbild tatsächlich sichtbar ist.

d. Couples

In einer Subgruppenanalyse betrachteten wir die Röntgenbilder von 46 onkologischen Patienten, denen in der Zeit von April 2004 bis Januar 2006 ein zentraler Venenkatheter zur Applikation eines Chemotherapeutikums gelegt wurde. Zunächst wählte ein und derselbe erfahrene Punkteur die linke Vena jugularis interna und im Abstand von etwa 4 Wochen die rechte Vena jugularis interna als Zugangsweg. Bei zwei Patienten wurde erst die Vena subclavia sinistra und nach vier Wochen die Vena subclavia dextra punktiert. Bei allen Patienten erfolgte die ZVK – Anlage und die Auswertung der Röntgenbilder auf dieselbe standardisierte Weise wie sie im Methodikteil ausführlich beschrieben wurde.

Die Daten bezüglich der LIJV – und RIJV – Punktionen respektive der RSV – / LSV – Punktion vom selben Patienten wurden zu Datenpaaren zusammengefasst – den so genannten Couples – und anschließend miteinander verglichen, so dass sich aus 92 Bildern von 46 Patienten entsprechend 46 Couples zur Auswertung ergaben.

Wir erachten die Röntgenbilder als vergleichbar, da es sich um ein Individuum mit den entsprechend unveränderten anatomischen Strukturen handelte.

Unter den 46 Patienten waren 26 Männer (56,5%) und 20 Frauen (43,5%).

Die Abbildung 9-10 gibt einen Überblick über die Veränderung des Körpergewichtes der Patienten zwischen den jeweiligen Punktionen.

Innerhalb der vier Wochen haben 19 Patienten ihr Gewicht gehalten, 19 Patienten haben abgenommen (mindestens 1 kg, maximal 21 kg, durchschnittlich 3,79 kg) und 8 Patienten haben zugenommen (mindestens 1 kg, maximal 13 kg und durchschnittlich 3,5 kg).

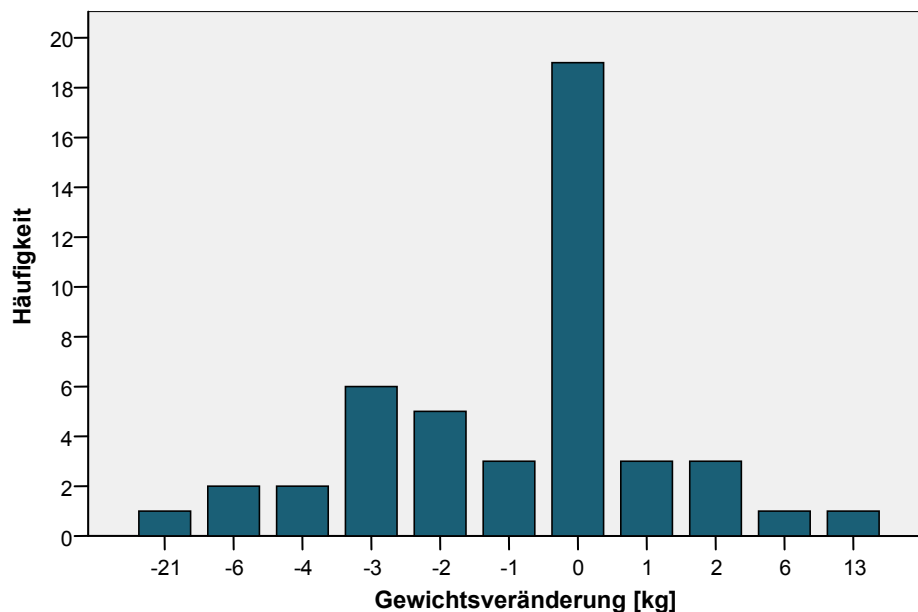


Abb. 9-10: Gewichtsentwicklung

Für die gesamte Subgruppe ergab dies eine Abnahme von 44 kg, also pro Patient 0,96 kg in der Zeit zwischen den beiden Punktionen, so dass sich der BMI im Mittel von 26,052 zu 25,730 änderte.

Ein weiteres Kriterium bezüglich der Vergleichbarkeit stellte die Katheterdifferenz zwischen rechts- und linksseitiger Punktion dar. Diese definiert sich als patientenspezifische Differenz der Distanz des RTBW von der Katheterspitze über ein rechtsseitiges Gefäß zur Distanz des RTBW zur Katheterspitze, welche über ein linksseitiges Gefäß eingeführt worden ist. Dabei legten wir zum Zwecke der Vergleichbarkeit Wert darauf, so dass nur Patienten gewählt wurden, bei denen bei erneuter Punktion das entsprechende kontralaterale Gefäß, respektive LIJV und RIJV oder RSV und LSV, punktiert wurde.

Aslamy et al. (Aslamy et al. 1998) haben in einer Studie aus dem Jahr 1998 den Abstand vom rechten tracheobronchialen Winkel zum oberen Ende der Vena cava superior ausgemessen. Bei einer Spanne von 0,1 bis 3,8 cm betrug dabei der mittlere Abstand 1,5 cm.

Das nahmen wir ad hoc als Grenzwert an und definierten eine Katheterdifferenz von kleiner gleich 15 mm als vernachlässigbar. Das bedeutet, dass eine Differenz des Abstandes vom RTBW zur Katheterspitze via rechtes Gefäß im Vergleich zur Punktion des entsprechenden kontralateralen Gefäßes von kleiner gleich 15 mm als in gleicher Höhe angesehen wurde.

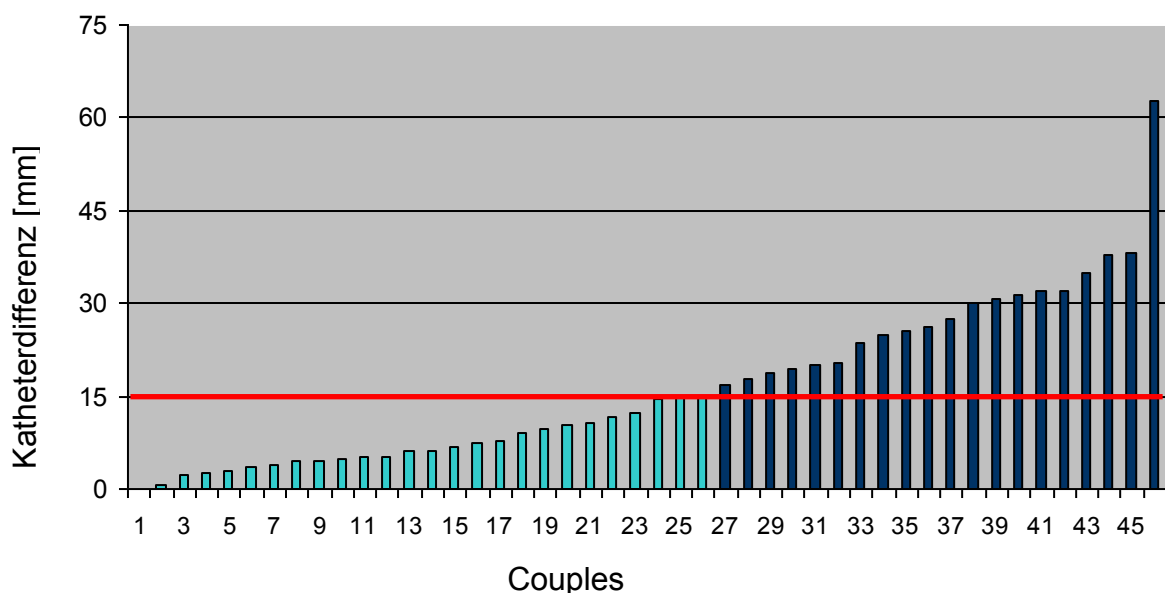


Abb. 9-11: Katheterdifferenz

Wie in dem oben gezeigten Diagramm (Abb. 9-11) zu erkennen war bei 26 der 46 Couples die Katheterdifferenz kleiner als 15 mm. Entsprechend war bei 20 Couples der Abstand größer als 15 mm. Das heißt bei gerade mal 56,5 % befand sich die Katheterspitze wie zuvor definiert auf gleicher Höhe und bei 43,5 % nicht.

Eine weiterführende deskriptive Statistik bezüglich der Distanz des RTBW zur Katheterspitze, des Winkels zwischen Katheterspitze und Wand der oberen Hohlvene und bezüglich der Hautnähte jeweils für die linke und rechte Seite lässt sich anhand der folgenden Tabellen und den daraus resultierenden Boxplots nachvollziehen.

LINKS	Distanz RTBW zur Katheterspitze [mm]	Winkel [°]	Hautnaht [cm]
N	46	46	46
Mittelwert	27,559	18,102	17,11
Standardfehler des Mittelwertes	2,2052	1,9650	0,270
Median	26,600	15,500	17,00
Standardabweichung	14,9563	13,3276	1,829
Varianz	223,692	177,625	3,343
Spannweite	86,4	79,5	6
Minimum	-4,3	3,7	15
Maximum	82,1	83,2	21

Tab. 9-5: Die deskriptive Statistik der linken Seite

RECHTS	Distanz RTBW zur Katheterspitze [mm]	Winkel [°]	Hautnaht [cm]
N	46	46	46
Mittelwert	39,907	12,546	14,96
Standardfehler des Mittelwertes	2,5064	0,5271	0,201
Median	33,700	12,300	15,00
Standardabweichung	16,9990	3,5751	1,366
Varianz	288,966	12,781	1,865
Spannweite	71,7	14,0	6
Minimum	6,5	6,8	12
Maximum	78,2	20,8	18

Tab. 9-6: Die deskriptive Statistik der rechten Seite

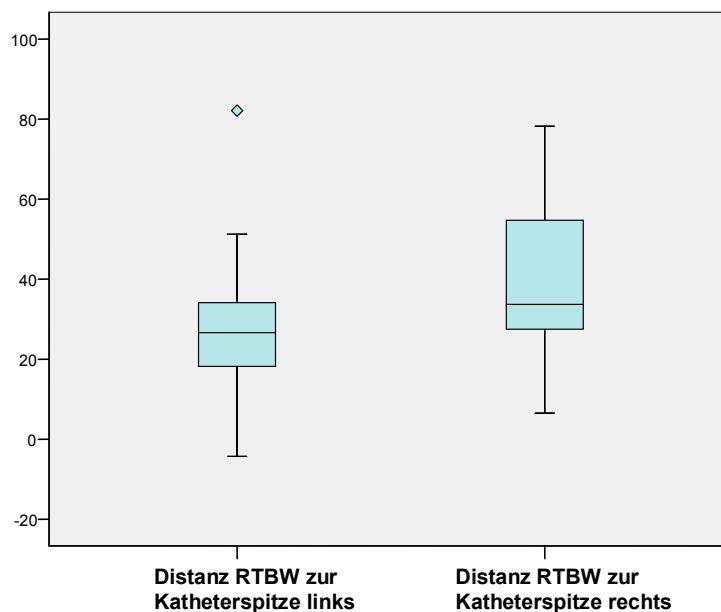


Abb. 9-12: Abstand (in mm) RTBW - Katheterspitze

Bei den 92 Punktionen kam es insgesamt zu drei Fehllagen (Sterne in Abb. 9-13) mit einem Winkel größer als 40°. Dies entspricht 3,3% bezogen auf die gesamte

Subgruppe und 6,5 %, wenn man nur alle linksseitigen Punktionen innerhalb der Subgruppe betrachtet, da aufgrund der eingangs beschriebenen Anatomie diese Fehllagen nur auf der linken Seite zu erwarten sind. Diese „Ausreißer“ führten dazu, dass links gemessene Winkel durchschnittlich größer waren. Der Mittelwert betrug links $18,102^\circ$ (SD = 1,9650) und auf der rechten Seite $12,546^\circ$ (SD = 0,5271).

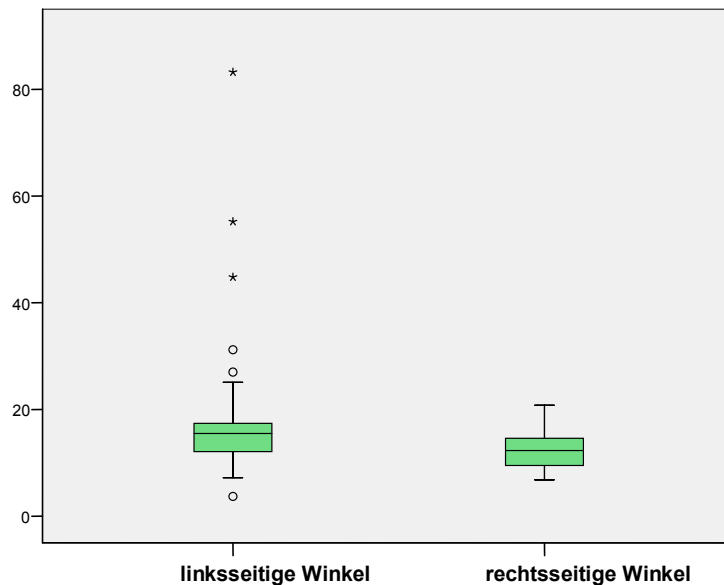


Abb. 9-13: Winkel (in °) zwischen Katheterspitze und Cavawand

Bei den linksseitigen Punktionen ergab sich eine durchschnittlich größere Differenz zwischen der Katheterspitze und der Hautnaht: links im Mittel 17,11 cm (SD = 0,27 cm) und rechts im Mittel 14,96 cm (SD = 0,20 cm).

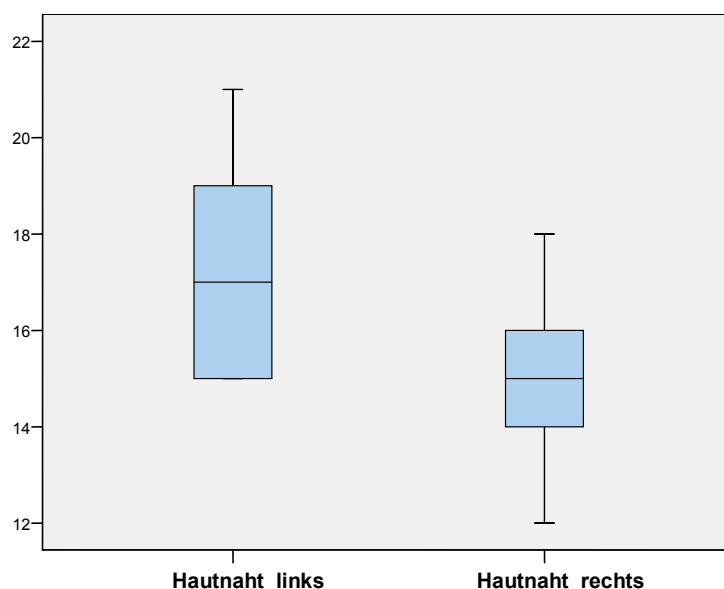


Abb. 9-14: Hautnaht (in cm)

e. BMI

In einer weiteren Analyse untersuchten wir, ob sich die in der Literatur beschriebene Korrelation zwischen dem Body Mass Index (BMI) und dem erhöhten Komplikationsrisiko auch auf die 193 von uns untersuchten Patienten anwenden lässt. Der Body – Mass – Index gilt heute als ein wichtiges Kriterium zur Abschätzung des Verhältnisses von Körpergewicht zu Körpergröße und wird wie folgt berechnet:

$$BMI = \frac{Gewicht[kg]}{(Größe[m])^2}$$

Der aus dieser Formel resultierende Wert erlaubt abhängig von Alter und Geschlecht die Einschätzung eines Patienten als eher unter-, normal- oder übergewichtig mit der sich daraus ergebenden Risikoklassifizierung.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert drei Grade des Übergewichts wie in der unten stehenden Tabelle abgebildet.

Gewichtsklassifikation	BMI [kg/(m)²]
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Übergewicht	25,0 – 29,9
Adipositas Grad I	30,0 – 34,9
Adipositas Grad II	35,0 – 39,9
Adipositas Grad III	≥ 40

Tab. 9 – 7: Definition der BMI – Klassen (Quelle WHO)

Aus einer Veröffentlichung im New England Journal of Medicine aus dem Jahr 1994 geht hervor, dass sowohl ein BMI größer 30, also auch einer kleiner als 20 mit einem erhöhten Risiko für Fehlfunktionen einhergehen können. So war ein BMI kleiner als 20 oder ein BMI größer als 30 mit einer Fehlfunktionsrate von 14,2% assoziiert, während ein BMI zwischen 20 und 30 mit einer Fehlfunktionsrate von 8,1 % verknüpft war. (Mansfield et al. 1994).

Davon ausgehend hielten wir es für sinnvoll, die von uns untersuchten Patienten ebenfalls in drei Gruppen zu unterteilen.

In Gruppe I waren Patienten mit einem BMI kleiner 20, in Gruppe II hatten die Patienten einen BMI zwischen 20 und 30 und in Gruppe III ordneten wir all diejenigen Patienten, die einen BMI größer 30 hatten, ein. Daraus resultierten die

Häufigkeitsverteilungen, wie sie in der folgenden Tabelle und in der Graphik dargestellt sind.

	Häufigkeit	Prozent
Gruppe I = BMI <20	24	12,4
Gruppe II = BMI 20-30	142	73,6
Gruppe III = BMI>30	27	14,0
Gesamt	193	100,0

Tab. 9-8: Verteilung der Patienten in die definierten BMI – Klassen

Zu Gruppe I mit einem BMI Werte kleiner als 20 gehörten 24 Patienten (12,4%).
 142 Patienten (73,6%) hatten einen scheinbar idealen BMI zwischen 20 und 30.
 Während zu der dritten Gruppe 27 Patienten gehörten, also 14 %.

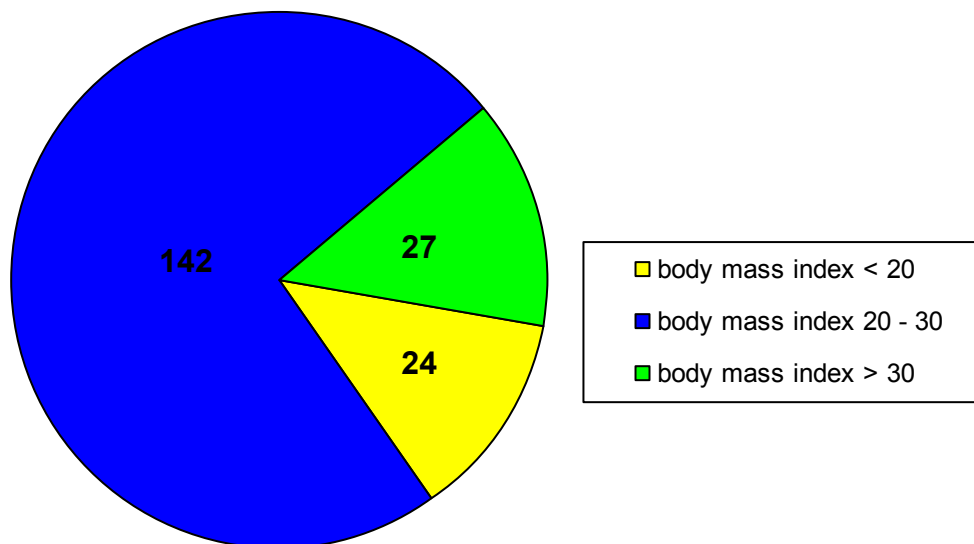


Abb. 9-15: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die definierten BMI - Klassen

Der mittlere BMI der Gesamtpopulation ergab 25,161 (SD = 4,4205 Median = 24,3).
 Wie schon erwähnt, gelten Patienten mit einem BMI größer als 30 ebenso wie untergewichtige Patienten als Risikopatienten in vielerlei Hinsicht, aber besonders auch bezüglich der ZVK – Anlage. Dies veranschaulicht auch die folgende Tabelle, in der wir die prozentualen Häufigkeiten der Winkel kleiner oder größer 40° abhängig von den zuvor definierten BMI – Klassen einander gegenübergestellt haben.

	BMI – Klassen			Gesamt
	I (< 20)	II (20 – 30)	III (> 30)	
Winkel > 40°	1 (4,2%)	11 (7,7%)	3 (11,1%)	15 (7,7%)
Winkel < 40°	23 (95,8%)	131 (92,3%)	24 (88,9%)	178 (92,3 %)
Gesamt	24 (100%)	142 (100)	27 (100%)	193 (100%)

Tab. 9-9 Verteilung der Patienten abhängig vom Winkel und BMI - Klasse

So fanden sich in der Gruppe mit einem BMI größer als 30 mit 11,1 % mehr Patienten, bei denen man im Röntgenbild einen Winkel von größer 40° zwischen Katheterspitze und Cavawand messen konnte. Diese Patienten waren somit einem erhöhten Risiko für katheterassoziierten Komplikationen ausgesetzt.

Anhand der folgenden Tabelle lässt sich beim Vergleich der Mittelwerte innerhalb der linksseitigen Gruppe abhängig von der BMI – Klassifikation erkennen, dass je höher der BMI ist desto größer der Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand bei kleiner werdender Distanz der Katheterspitze vom RTBW.

Der Abstand der Katheterspitze von der Hautnaht wird mit zunehmenden BMI kleiner, also die Einführtiefe des Katheters geringer. Bezüglich der Distanz zwischen Katheterspitze und RTBW respektive der Hautnaht zeigt sich in der rechten Gruppe eine ähnlich Tendenz bei eher konstantem Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand trotz zunehmenden BMI.

			Distanz der Katheterspitze vom RTBW [mm]	Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand [°]	Hautnaht [cm]
Links	BMI I (< 20)	N = 17			
		Mittelwert	28,259	17,747	16,47
		Standardfehler des Mittelwertes	3,7640	2,8905	0,522
		Median	27,500	15,400	16,00
		Standardabweichung	15,5193	11,9179	2,154
		Varianz	240,849	142,036	4,640
		Minimum	-7,1	5,2	13
		Maximum	59,1	60,6	22
	BMI II (20 – 30)	N = 89			
		Mittelwert	25,675	21,327	17,40
		Standardfehler des Mittelwertes	1,7519	1,7029	0,208
		Median	26,400	15,900	17,00
		Standardabweichung	16,5275	16,0656	1,964
		Varianz	273,159	258,103	3,857
		Minimum	-22,3	3,7	13
		Maximum	82,1	83,2	22
	BMI III (> 30)	N = 14			
		Mittelwert	18,179	25,850	17,43
		Standardfehler des Mittelwertes	3,5015	4,1373	0,465
		Median	18,350	23,750	18,00
		Standardabweichung	13,1014	15,4804	1,742
		Varianz	171,648	239,643	3,033
		Minimum	-5,7	11,3	15
		Maximum	42,3	58,1	20

Rechts	BMI I (< 20)	N = 7			
		Mittelwert	38,986	13,971	15,00
		Standardfehler des Mittelwertes	2,8330	2,1298	0,617
		Median	34,800	14,100	14,00
		Standardabweichung	7,4954	5,6349	1,633
		Varianz	56,181	31,752	2,667
		Minimum	31,9	6,6	13
		Maximum	49,6	22,9	17
	BMI II (20-30)	N = 53			
		Mittelwert	37,636	12,760	14,98
		Standardfehler des Mittelwertes	2,5006	0,5492	0,188
		Median	33,500	12,200	15,00
		Standardabweichung	18,2045	3,9979	1,366
		Varianz	331,403	15,984	1,865
		Minimum	-2,5	6,8	12
		Maximum	78,2	23,3	18
	BMI III (> 30)	N = 13			
		Mittelwert	36,323	12,038	14,62
		Standardfehler des Mittelwertes	4,5046	1,1007	0,350
		Median	30,900	10,600	15,00
		Standardabweichung	16,2415	3,9687	1,261
		Varianz	263,785	15,751	1,590
		Minimum	17,4	6,9	12
		Maximum	67,1	20,8	17

Tab. 9-10: BMI Klassen aufgeteilt nach rechter und linker ZVK-Anlage

10. Diskussion

a. Allgemein

In den letzten beiden Jahrzehnten wurden gerade für onkologische Patienten eine Reihe neuer Therapiemöglichkeiten wie beispielsweise die Hochdosischemotherapie entwickelt. Dadurch hat die Notwendigkeit zentraler Zugangswege stark zugenommen. So werden allein in den Vereinigten Staaten von Amerika jährlich über 150 Millionen intravenöse Zugänge gelegt und 6 Millionen Systeme für zentrale Venenkatheter verkauft. Daher scheint es umso wichtiger ein sicheres, einheitliches und zugleich einfach reproduzierbares Verfahren zum Legen eines zentralen Venenkatheters zu entwickeln, welches dennoch individuell auf die anatomischen Gegebenheiten des jeweiligen Patienten einzugehen vermag.

Der Katheter sollte in möglichst optimaler Position dem Patienten den größtmöglichen Nutzen bringen, ohne ihn dabei zu gefährden.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte durch Erhebung und Auswertung von Daten eines klar definierten Patientengutes bestätigt werden, dass die von uns angewendete modifizierte Anlagemethode nach Seldinger für zentralvenöse Katheter eine Möglichkeit bietet, das Risiko von Fehllagen vor allem bei linksseitigen Punktionen zu verringern. Die eindeutige Definition erreichten wir durch die zuvor festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien und im Speziellen durch die Tatsache, dass es sich immer um extubierte – sprich spontan atmende – Patienten handelte. Dadurch konnte eine wesentliche Fehlerquelle, nämlich die Veränderung der Atemphysiologie bei der Extubation, die oft nach der ZVK – Anlage, aber noch vor der Röntgenaufnahme erfolgt, ausgeschlossen werden.

In einer Arbeit von Aslamy et al. wurde der rechte tracheobronchiale Winkel als beste anatomische Landmarke genannt, um das kraniale Ende der Vena cava superior zu bestimmen. (Aslamy et al. 1998) Deshalb wählten wir für die Messungen in dieser Arbeit ebenfalls den rechten tracheobronchialen Winkel als Referenzpunkt. Dieser lässt sich gut in den bei stehenden Patienten aufgenommenen posterior – anterior Röntgenbildern identifizieren. Weniger gut lässt sich diese anatomische Landmarke bei anterior – posterior Röntgenbildern identifizieren, welche

beispielsweise bei intubierten Patienten nach ZVK – Anlage im Liegen aufgenommen wurden.

b. Häufigkeitsverteilung der punktierten Seite

Zunächst fiel uns eine große Differenz bezüglich der Häufigkeitsverteilung der punktierten Seiten auf. So wurden bei den insgesamt 193 Punktionen 120 (62,18%) mal die linke Seite und 73 (37,82 %) die rechte Seite gewählt. Dies lässt sich damit begründen, dass es sich ausschließlich um onkologische Patienten handelte, welche den ZVK zur Chemotherapiegabe erhielten und das wiederholt, meist im Abstand von 4 Wochen. Jeder Fremdkörper hinterlässt in einem Langsamflußgebiet wie dem zentralen Venensystem bereits nach 48 Stunden Veränderungen, welche histologisch noch jahrelang nachweisbar sind. Daher ist gerade bei mehrfach zu punktierenden Patienten auf eine hinreichende Schonung des zuletzt punktierten Gefäßes zu achten. Sicher spielte sowohl der willkürlich festgelegte Erfassungszeitraum, als auch die Erfahrung des Punkteurs eine Rolle. Denn ein Punkteur mit weniger Erfahrung würde vielleicht ohne Rücksicht auf die gebotene Schonung des zuletzt punktierten Gefäßes die für ihn scheinbar einfachere und komplikationslosere rechte Seite bevorzugen.

c. Fehlpunktionen und Fehllagen

Unter einer Fehlpunktion verstehen wir im Zusammenhang mit dieser Arbeit eine Komplikation, bei welcher der Führungsdraht nicht zentral in der Vena cava superior platziert werden konnte. Ohne augenscheinlichen Anhaltspunkt für eine Ursache war dies bei 15 Punktionen der Fall. Dies erkannte der erfahrene Punkteur zum Beispiel daran, dass kein Blut aspiriert oder der Seldingerdraht nicht weiter vorgeschoben werden konnte. Des Weiteren wurden fünfmal arterielle Gefäße und einmal ein lymphatisches Gefäß punktiert, so dass es bei den 193 von uns untersuchten Patienten insgesamt zu 21 Fehlpunktionen kam.

Dies erscheint mit 10,9 % recht wenig und ist sicher der Erfahrung des Punkteurs zu zuschreiben. Zumal nach entsprechendem Abbruch bei Fehlpunktion eine erneute Punktion angestrebt wurde. Meist gelang dem erfahrenen Punkteur der nächste Versuch, welcher in einigen Fällen beispielsweise nach einer arteriellen Punktion auf der Gegenseite unternommen wurde.

Unter einer Fehllage verstehen wir im Zusammenhang mit dieser Arbeit einen Winkel von mehr als 40 Grad zwischen der Katheterspitze und der Wand der Vena cava superior, wobei man nicht sicher sagen kann, ob die Fehllage bereits bei der Punktion bestand oder sich erst entwickelt hat.

Insgesamt fanden sich in den posterior – anterior Röntgenbilder der 193 von uns untersuchten Patienten ein Winkel von mehr als 40 Grad zwischen der Katheterspitze und der Wand der Vena cava superior. Das entspricht 7,8 %. Diese waren durchweg linksseitig, begründet durch die bereits beschriebenen anatomischen Unterschiede im Gefäßverlauf links verglichen mit der rechten Seite.

So muss der Katheter bei linksseitiger Punktion zweimal eine nahezu 90 Grad messende Kurve überwinden.

Aufgrund des Gefäßverlaufes im rechten Hemithorax ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Katheterspitze mit der Wand der Vena cava superior einen Winkel größer 40° bildet sehr gering (Daily 1988, Duntley et al. 1992, Mukau et al. 1991, Robinson et al. 1995, Tocino und Watanabe 1986).

Dass die Prozentzahl mit 7,8 % recht klein ausfällt, führen wir zum einen auf die Erfahrung des Punkteurs zurück und zum anderen auf die von uns modifizierte EKG – gestützte Anlage des ZVK wie sie im theoretischen Abschnitt beschrieben wurde.

d. Azygosmalposition

Eine weitere Besonderheit stellt die Azygosmalposition dar. Dabei kommt die Katheterspitze in der Vena azygos zum Liegen, deren Einmündung sich oberhalb des Übergangs der Vena cava superior in den rechten Vorhof des Herzens befindet. Dabei kann man im Röntgenbild ein nach hinten oben gebogenes Katheterende sehen.

Bei einem männlichen Patienten mit mehrfach aufgetretener Azygosmalposition könnte ein atypisch hoher Abgang der Vena azygos vorgelegen haben. Dies würde erklären, weshalb es sowohl bei der Punktion der Vena subclavia sinistra als auch bei der Punktion der linken Vena jugularis interna zu einer Fehllage des ZVK in der Vena azygos gekommen war.

Im Röntgenbild einer anderen Patientin konnten eindeutig einen Kalibersprung im Sinne einer Azygosfehllage nachgewiesen werden. Als mögliche Ursache könnte die

veränderte Atemphysiologie aufgrund eines altersbedingten Lungenemphysems und des damit verbundenen Fassthoraxes gesehen werden.

Bei beiden Patienten schien jedoch auch die ungenügende Eindringtiefe des zentralen Katheters in die Vena cava superior die Malposition zu begünstigen. Laut Dokumentation des erfahrenen Punkteurs waren bei der Anlage keinerlei Besonderheiten, insbesondere keine Auffälligkeiten bezüglich des Seldingerdrahtes wie zum Beispiel ein unerwarteter Widerstand aufgetreten. Die entsprechenden Elektrokardiogramme wurden als eindeutig angesehen. Wir gehen daher davon aus, dass der ZVK initial richtig gelegen hat und lediglich die Einführtiefe ungenügend tief war und es sekundär zur Malpositionierung gekommen war, entweder aufgrund Kopf- oder Armbewegung, oder aufgrund heftiger Zwerchfellkontraktionen wie sie beispielsweise bei einem Hustenanfall auftreten können.

e. Einfluss der Armposition

Einen Hinweis, dass die Bewegung der Arme beziehungsweise die Armposition einen gewissen Einfluss auf die Lage des ZVK haben könnte, fanden wir anhand einer Computertomographie einer Patientin. Zunächst war der 64-jährigen normalgewichtigen Patientin am 09.12.2005 ein zentraler Venenkatheter mit Zugang über die linke Vena subclavia gelegt worden, dessen Spitze röntgenologisch einen Winkel größer 40° zur Cavawand hatte. Planmäßig war dieser Katheter nach der Chemotherapie entfernt worden und am 09.01.2006 war eine weitere ZVK – Anlage via LSV erfolgt. Auch hier war röntgenologisch ein Winkel größer 40° zwischen Katheterspitze und Wand der oberen Hohlvene nachweisbar. Bei Verdacht auf mögliche Absiedlungen des genitoanalen Primums wurde am 19.12.2005, also während der erste Katheter lag, ein CT zur Metastasensuche gemacht. Dabei hatte die liegende Patientin beide Arme angehoben, so dass die Katheterspitze auf Bifurkationsebene der Trachea zum Liegen kam – unabhängig von der zuvor im Röntgenbild beschriebenen Katheterposition. Bei der Röntgenaufnahme stand die Patientin mit herabhängenden Armen und die Katheterspitze befand sich etwa 1 cm unterhalb des rechten tracheobronchialen Winkels. Daraus ließe sich im Fall dieser Patientin schlussfolgern, dass bei Punktionen der Vena subclavia sinistra die Armbewegung einen Einfluss auf die Lage des ZVK haben könnte, ebenso wie die senkrechte oder waagerechte Körperlage beim Röntgen.

Alle von uns ausgewerteten posterior – anterior Röntgenbilder wurden im Stehen gemacht. Dabei steht das Zwerchfell aufgrund des Absinkens der Abdominaleingeweide tiefer als bei der Anlage des Katheters im Liegen. Da der Katheter an der Hautoberfläche fixiert ist, lässt sich so die relative Verschiebung der ZVK – Spitze nach kranial erklären, welche aufgrund der längeren Strecke möglicherweise bei linksseitiger Punktion einen größeren Einfluss hat und somit häufiger einen Winkel von mehr als 40 Grad verursacht.

f. Einfluss des Körpergewichtes

Des Weiteren war zu vermuten, dass der Einfluss der Veränderung der Körperlage bei übergewichtigen Patienten bezüglich der korrekten ZVK – Lage noch folgenreicher ist.

Eine genaue Betrachtung der typischen Abfolge von Veränderungen der Körperposition während der ZVK – Anlage und der röntgenologischen Kontrolle führt möglicherweise zu näheren Erkenntnissen über dieses Phänomen. Deshalb haben wir eine solche Untersuchung im Rahmen einer Subgruppenanalyse bezüglich des BMI durchgeführt. Dies wird an entsprechende Stelle (Kapitel k. BMI) genauer diskutiert.

g. Einfluss der Atembewegung

Bei einem durchschnittlichen Abstand der Katheterspitze vom rechten tracheobronchialen Winkel von 16,38 mm (Median = 16,00 mm, SD = 2,106) war der Katheter während des Ausatmens auf den entsprechenden Röntgenbildern weniger als 15 mm vom RTBW entfernt. Dies erschien uns sehr verdächtig hinsichtlich einer Lageveränderung hervorgerufen durch die Atemexkursion. Die dann größer als 40° gemessenen Winkeln erschienen uns im Sinne des Gesamtkollektives als nicht repräsentativ.

Einen weiteren Hinweis auf den Einfluss der Atmung lieferte uns die Aufnahmen einer 43 – jährigen Patientin, von welcher in zeitlich recht kurzem Abstand mehrere Röntgenbilder existieren, auf denen jeweils ein linksseitiger Katheter zu erkennen war. Am 02.12.2005 wurde der intubierten und beatmeten Patientin auf herkömmliche Art ein ZVK gelegt. Dabei erfolgte die Katheterannaht als im EKG die maximale Erhebung der p – Welle zu erkennen war. Abhängig vom RTBW war die Distanz der Katheterspitze 62,3 mm und der Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand

betrug 18,4 °. Nach Extubation und ZVK – Entfernung einige Tage später, wurde der Patientin mit einer ovariellen Neoplasie planmäßig am 09.12.2005 ein ZVK zur Chemotherapie gelegt. Dabei wurde ebenfalls die linke Vena jugularis interna als Zugangsweg gewählt und nachdem im EKG p_{\max} erreicht worden war, der Katheter um 10 mm zurückgezogen. Die Distanz vom RTBW zur Katheterspitzenlänge betrug 49,3 mm. Daraus resultiert eine Differenz zur vorherigen Anlage von 13 mm. Also grob die 10 mm, die der Punkteur den Katheter zurückgezogen hatte. Auch in der zweiten Aufnahme war der Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand kleiner als 40°, so dass trotz Rückzuges um 10 mm eine ausreichende Eindringtiefe des Katheters resultierte. In wie weit dabei die Beatmung eine Rolle spielte, könnte ein zukünftiger Forschungsansatz sein.

h. Weitere Ausschlussgründe

Des Weiteren wurden 3 Patienten aufgrund anatomischer Veränderungen mit Bezug zum ZVK aus der Gesamtpopulation ausgeschlossen. Zum einen handelt es sich dabei um eine 74 – jährige Patientin mit äußerst ausgeprägter Kyphoskoliose, welche eine eindeutige Beurteilung und vergleichbare Auswertung des Röntgenbildes schwierig gestaltete. Bei einem zweiten 47 – jährigen männlichen Patienten war eine linksseitige Totalatelektase aufgrund einer bronchialen Neoplasie der Eliminationsgrund. Aufgrund der veränderten anatomischen Gegebenheiten war eine adäquate mit der Allgemeinheit des Kollektivs vergleichbare Ausmessung nicht möglich.

Das Röntgenbild des dritten Patienten zeigte einen ektatischen Aortenschatten, welcher die übrigen anatomischen Landmarken aufgrund der Überdeckung nur unscharf erkennen ließ, so dass hier die standardisierte Ausmessung nicht durchgeführt werden konnte.

Auch die Atmung während der ZVK – Anlage, aber vor allem auch während des Röntgens schien auf die Lage des Katheters einen Einfluss zu haben. Wir schlossen 3 Patienten aus dem Kollektiv aus, weil die Röntgenbilder „veratmet“ waren, also in Expiration anstatt in Inspiration. Somit waren die Bilder mit den anderen Aufnahmen nicht vergleichbar.

i. Abstand der Katheterspitze vom RTBW

Die Differenz der Mittelwerte bezüglich der Hautnaht – gesamt 16,38 cm (SD 2,106 cm), links 17,28 cm SD = 1,979 cm), rechts 14,92 cm (SD 1,362 cm) – lässt sich anhand der anatomischen Gegebenheiten und der damit verbundenen Unterschiede zwischen rechter und linker Thoraxhälfte erklären. Der Katheter muss links im Verhältnis zur rechten Seite aufgrund der beiden annähernd 90 Grad messenden Kurven eine weitere Strecke eingeführt werden, um den Punkt zu erreichen, an der das EKG den von der perikardialen Umschlagfalte verursachte p – Wellen – Amplitudenanstieg (p_{rise}) und entsprechend dann den maximalen Amplitudenabstieg (p_{max}) am kranialen Ende der Christa terminalis als Grenze zwischen Vena cava superior und rechtem Vorhof zeigt.

j. Couples

Wir erachten die Röntgenbilder der Couples aus der Subgruppenanalyse als vergleichbar, da es sich um ein Individuum mit den entsprechend unveränderten anatomischen Strukturen handelte. Um dies besser verifizieren zu können, legten wir auch ein Augenmerk auf Veränderungen der anatomischen Strukturen während des vierwöchigen Zeitraumes. Daher wurden Patienten, die sich während der vier Wochen einem chirurgischen Eingriff im Punktionsgebiet unterzogen, aus dem Patientenkollektiv ausgeschlossen. Allerdings war dies bei keinem Patienten der Fall. Da wir außerdem bei jedem Patienten Gewicht und Größe festhielten, konnte anhand der BMI – Abweichung vom Ausgangswert auf weitere mögliche physische Veränderungen geschlossen werden.

Wie im Ergebnisteil beschrieben änderte sich der BMI im Mittel von 26,052 auf 25,730. Wir erachteten dies als tolerabel, gerade auch, weil es sich um Tumorkranken handelte, bei denen der Gewichtsverlust auch als Nebenwirkung einer Radio – Chemotherapie zu werten war.

Die enorme Abnahme eines Patienten von 21 kg ist nicht typisch. Möglicherweise ist das bei dem Patienten bereits fortgeschrittene Rektumkarzinom oder auch eine Debulking - Operation zwischen den Punktionen ausschlaggebend dafür. Es fanden sich jedoch diesbezüglich keine Aufzeichnungen. Auch Dokumentationsfehler beispielsweise im Sinne einer falschen Antwort des Patienten auf die Frage nach

dem Gewicht ohne nachfolgendes Wiegen können nicht sicher ausgeschlossen werden.

Ein weiteres Kriterium bezüglich der Vergleichbarkeit stellte die Katheterdifferenz zwischen rechts- und linksseitiger Punktion des kontralateralen Gefäßes dar.

Man sollte annehmen können, dass bei einem Individuum unabhängig von der Punktionsseite die Veränderung der p – Welle im EKG etwa in gleicher Höhe bezogen zu einer festen anatomischen Landmarke auftritt und damit die Katheterspitze im gleichen Abstand zu dieser Landmarke zum Liegen kommt. Als anatomische Landmarke und somit Ausgangspunkt der Messungen wurde der rechte tracheobronchiale Winkel (RTBW) gewählt, welcher laut Literaturrecherche (Aslamy et al. 1998) eine anerkannte radiologische Landmarke zur Lagekontrolle zentral platzierter Katheter ist. Wie bereits im Ergebnisteil erwähnt, erachten wir ad hoc eine Katheterdifferenz von kleiner gleich 15 mm als vernachlässigbar. Dies traf lediglich bei 56,5% der Patienten zu und lässt sich auf die im Vergleich zur rechten Seite längere Einführtiefe links aufgrund der zwei nahezu rechtwinkligen Kurven zurückführen.

Aus den im entsprechenden Abschnitt dargestellten Resultaten lässt sich zusammenfassend schlussfolgern, dass es durch die modifizierte Anlage – Technik nach Seldinger innerhalb dieser definierten Subpopulation recht zufrieden stellende Ergebnisse erreicht wurden, gerade im Bezug auf die linksseitigen Punktionen. Weitere Studien sollten erfolgen, da sich beispielsweise das Problem der Katheterdifferenz zwischen rechts- und linksseitiger Punktion nicht so deutlich herauskristallisiert hat wie angenommen. Es war vermutet worden, dass sich unabhängig der Punktionsseite die Katheterspitzen auf gleicher Höhe befinden würden, sprich mit einer Differenz kleiner, gleich 15 mm. Dies war lediglich bei 56,5 % der Pärchen der Fall und dementsprechend bei 43,5 % nicht. Anzumerken wäre hier, dass die differierenden Pärchen „älter“ waren, d.h. die Lernkurve und neue Erkenntnisse zur Methode führten zu besseren Ergebnissen.

k. BMI

Eine weitere Subgruppenanalyse befasste sich mit einem möglichen Einfluss des Body Mass Index (BMI) auf die Distanz zwischen der Katheterspitze und dem RTBW beziehungsweise der Hautnaht sowie dem Winkel zwischen Katheterspitze und der Cavawand. Die im Ergebnisteil vorgestellten Ergebnisse scheinen tendentiell

beidseits den vermuteten Einfluss zu bestätigen. Nämlich, dass je größer der BMI ist, das Risiko einer Fehllage erhöht ist, besonders auf der linken Seite.

Einen Erklärungsversuch dafür wollen wir im Folgenden am Beispiel der typischen Abfolge von Lageveränderungen während der ZVK – Anlage und der röntgenologischen Kontrolle geben. Diese Lageveränderungen könnten bei übergewichtigen Patienten folgenreicher sein, zumindest in Bezug auf die korrekte Lage des ZVK. Während der Anlage des zentralen Venenverweilkatheters lag der Patient immer auf dem Rücken, zunächst in Trendelenburg'scher Position mit Kopftieflage von 10 – 15° bei der eigentlichen Punktion und anschließend zur EKG – Ableitung und Messung, sowie zur Annahrt des Katheters ganz flach horizontal. Bei der im Intervall von etwa 24 Stunden erfolgten anterior – posterioren Röntgenkontrolle stand der Patient standardgemäß.

Die in Kopftief- bzw. Flachlage nach kranial drängenden Abdominaleingeweide wichen im Stehen nach kaudal und übten so einen entsprechenden Zug auch auf die Mediastinaleingeweide aus. Als Folge davon könnten die angenähten Katheter ebenfalls nach kranial abweichen, obwohl sie sich zuvor definitionsgemäß in korrekter Lage befunden haben. Des Weiteren sollte der Verlauf über die beiden annähernd rechtwinkligen Kurven der linksseitigen Katheter bedacht werden. Dadurch kommt es zu einer relativen Verkürzung der Distanz zwischen RTBW und der Katheterspitze gegenüber der rechten Seite. Aufgrund der daraus resultierenden ungenügenden Einführtiefe des Katheters könnte sich ein „schlechterer“ Winkel, also größer als 40° zwischen Katheterspitze und Cavawand ergeben, womit sich das Risiko einer Gefäßerosion oder gar einer Perforation deutlich erhöhen würde.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich der in der Literatur beschriebene Trend von der Abhängigkeit des BMI und einem erhöhten Risiko für katheterassoziierte Komplikationen wie beispielsweise Fehlpunktionen oder Fehllagen sich bei den von uns untersuchten 193 Patienten ebenfalls zu bestätigen scheint.

I. Vorhersagen

Wie im Ergebnisteil bereits ausführlich beschrieben, entspricht die Wahrscheinlichkeit, dass eine vom Punkteurer vorhergesagte Fehllage im Röntgenbild tatsächlich nachweisbar ist nur 50 %. Deshalb können wir festhalten, dass die klinische Funktionsprobe durch Prüfung der freien Aspirierbarkeit als

alleiniges Verfahren zur Lagekontrolle nach Anlage eines zentralen Venenweilkatheters nicht geeignet zu sein scheint. Vielmehr scheinen bildgebende Kontrollen beispielsweise anhand eines posterior – anterioren Röntgenbildes für eine verlässliche Aussage bezüglich der Lage des Katheters unerlässlich.

11. Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Arbeit konnte durch Erhebung und Auswertung von Daten eines klar definierten Patientengutes mit einem einheitlichen Endpunkt bestätigt werden, dass die von uns angewendete modifizierte EKG – gestützte Anlagemethode nach Seldinger für zentralvenöse Katheter unter standardisierte Bedingungen eine Möglichkeit bietet, das Risiko von Fehllagen bei linksseitigen Punktionen auf 8 % zu verringern. Dass diese Zahl kleiner als der Literaturwert ausfällt, führen wir zum einen auf die Erfahrung des Punkteurs und zum anderen auf das modifizierte Anlageverfahren bei nicht beatmeten Patienten zurück. Besonders hervorzuheben ist, dass in der vorliegenden Arbeit zum ersten Mal mit dem rechten tracheobronchialen Winkel bei nicht beatmeten Patienten gearbeitet wurde. Dies sollte in weiteren Studien beispielsweise mit verändertem Patientenkollektiv und unterschiedlichen Punkteuren verifiziert werden.

Wie schon mehrfach in der vorliegenden Arbeit erwähnt, war ein Problem des methodischen Ablaufes, dass die Katheter in Kopftieflage angelegt, in Horizontalposition ausgemessen wurden, aber erst nach einem „Fußmarsch“ aus dem OP am gleichen oder erst am nächsten Tag im Stehen geröntgt wurden. Während des verstrichenen Zeitraumes kann eine Migration des Katheters nicht ausgeschlossen werden. Dies spielte besonders zu Beginn des Untersuchungszeitraumes bei noch unzureichender Erfahrung des Punkteurs gerade bei den eher grenzwertigen Winkeln der linksseitige ZVK's eine maßgebliche Rolle. Das Risiko für eine sekundäre Malpositionen war dadurch vermutlich erhöht und dies möglicherweise gerade bei den Patienten der Gruppe mit einem BMI>30 wie im entsprechenden Kapitel diskutiert.

Des Weiteren fanden wir Hinweise darauf, dass die Bewegung der Arme beziehungsweise die sich verändernde Armposition ebenfalls einen Einfluss auf die Lage des ZVK haben und so das Fehllagerisiko erhöhen könnte. Dieses vorläufige Ergebnis muss allerdings in weiterführenden Untersuchungen noch bestätigt werden.

Aus der Auswertung einer Subgruppe, in der wir die Daten bezüglich der LIJV – und RIJV – Punktionen respektive der RSV – / LSV – Punktion vom selben Patienten

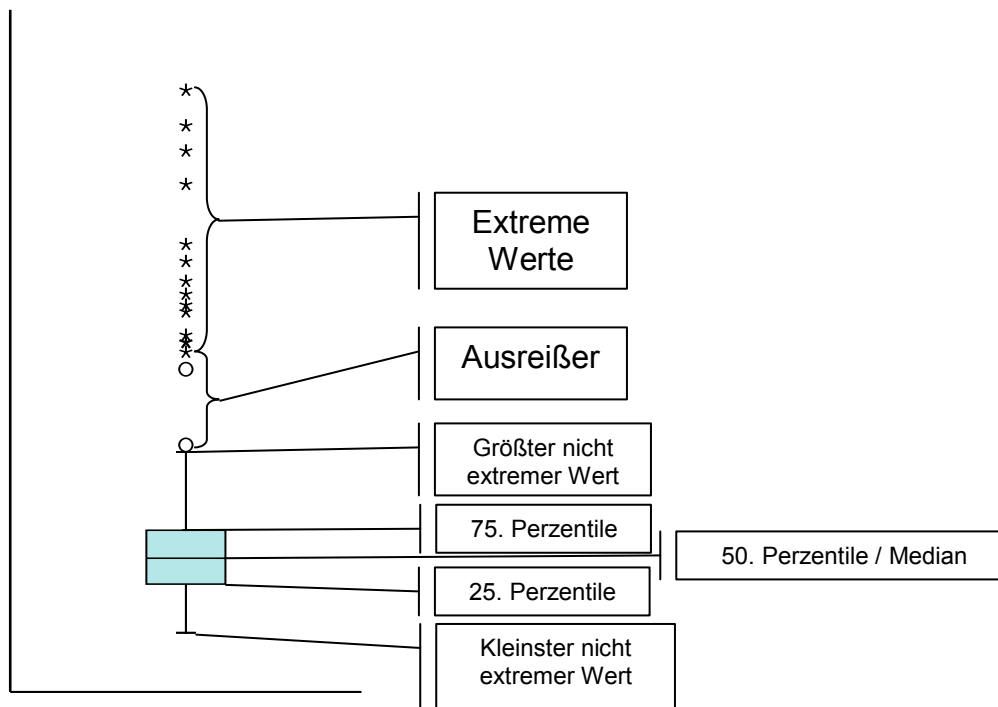
auswerteten, ließ sich schlussfolgern, dass durch die modifizierte Anlage zufrieden stellende Ergebnisse erreicht wurden. Wie in der Gesamtpopulation konnte gerade im Bezug auf die linksseitigen Punktionen ein geringes Fehllagerisiko erreicht werden. Weitere Studien sollten erfolgen, da sich beispielsweise das Problem der Katheterdifferenz zwischen rechts- und linksseitiger Punktion nicht so deutlich herauskristallisiert hat wie angenommen. Es war vermutet worden, dass sich unabhängig von der Punktionsseite die Katheterspitzen auf gleicher Höhe befinden würden. Dies war aber lediglich bei 56,5 % der Pärchen der Fall und entsprechend bei 43,5 % nicht. In weiterführenden Analysen ließe sich unter Umständen anhand der NaCl – Methode die verifizierte Seldinger – Anlage dahingehend ausreizen, dass bei linksseitigen Punktionen auf den Rückzug des Katheters nach Erreichen der maximalen p – Wellen Amplitude im EKG verzichtet wird, um zu schauen wie sich das Fehllagerisiko entwickelt.

Eine weitere Subgruppenanalyse befasste sich mit einem möglichen Einfluss des Body Mass Index (BMI) auf die Distanz zwischen der Katheterspitze und dem RTBW beziehungsweise der Hautnaht sowie dem Winkel zwischen Katheterspitze und der Cavawand. Sie ergab analog zu dem in der Literatur beobachteten Trend, dass je größer der BMI ist, das Risiko einer Fehllage erhöht ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass gerade weil die Anlage eines zentralvenösen Katheters ein Routineverfahren ist, jede Möglichkeit zur Verbesserung und Veränderung der Insertionstechnik sowie den möglichen Kontrollverfahren zur Senkung der Komplikationsrate und somit zum Schutz des Patienten in Betracht gezogen und genauer untersucht werden sollte.

12. Glossar

Boxplot:



- Chylothorax: - akute und zum Teil lebensbedrohliche Ansammlung von Lymphflüssigkeit zwischen parietalem und viszeralem Pleurablatt (Chapman et al. 2005c)
- Hämatothorax: - akute und zum Teil lebensbedrohliche Ansammlung von Blut zwischen parietalem und viszeralem Pleurablatt (Chapman et al. 2005b)
- Kyphose: - in Richtung Rücken vermehrt gekrümmte Wirbelsäule, dies ist natürlich im Bereich der Brustwirbelsäule, aber krankhaft im Bereich der Halswirbelsäule und der Lendenwirbelsäule
- Kyphoskoliose: - gleichzeitiges Vorhandensein einer Kyphose und einer Skoliose; führt zu Brustkorbdeformitäten (→ Kyphoskoliosethorax)
- Kyphoskoliosethorax: - Brustkorbdeformität, die zu Verminderung der Atemkapazität und Verlagerung des Herzens führt

	mit den Folgen: pulmonale Hypertonie, Rechtsherzbelastung und -hypertrophie
Neck dissection:	<ul style="list-style-type: none">- subtotale operative Ausräumung der Halsweichteile bei bösartigem Tumor in Halsmitte.- Im engeren Sinne die radikale Ausräumung der Halslymphknoten unter Abtrennung der Musculi digastricus (hinterer Bauch) u. stylohyoideus. (Roche-Lexikon 2003)
Perikardtamponade:	<ul style="list-style-type: none">- Flüssigkeitsansammlung im Herzbeutel (z.B. Blut), so dass das Herz nicht mehr effizient schlagen kann; führt häufig zum Tod
Pneumothorax:	<ul style="list-style-type: none">- akute und zum Teil lebensbedrohliche Ansammlung von Luft zwischen parietalem und viszeralem Pleurablatt (Chapman et al. 2005a)
Skoliose:	<ul style="list-style-type: none">- angeborene oder erworbene dauerhafte Krümmung der Körperachse zu einer Seite
Totalatelektase:	<ul style="list-style-type: none">- in fast allen Lungenbläschen einer Lungenseite ist keine oder zu wenig Luft, so dass sich die Lunge nicht oder nur mangelhaft entfalten kann
Trendelenburg'sche Lagerung:	<ul style="list-style-type: none">- der Patient liegt auf dem Rücken in Kopftieflage von 10 – 15 °, um die Halsvenen mit einem größeren Blutvolumen zu füllen
Valsalva – Manöver:	<ul style="list-style-type: none">- der Patient atmet durch die Nase bei geschlossenen Lippen aus und hält die Luft kurz an, dadurch vergrößert sich das Blutvolumen in den Venen und diese sind von außen besser auffindbar

13. Abbildungsverzeichnis

- 6 – 1: Übersicht der Zugangswege
- 6 – 2: Übersicht der zentralen (dick gezeichneten) Venen
- 6 – 3: Übersicht weiterer Kontraindikationen
- 6 – 4: Differenzierungsmöglichkeiten und Liegezeiten venöser Katheter
 (Raaf 1994)
- 6 – 5: periprozedurale Komplikationen
- 6 – 6: Frühkomplikationen
- 6 – 7: Spätkomplikationen
- 6 – 8: Übersicht der Infektionserreger
- 6 – 9: Übersicht der häufigsten Erreger
- 6 – 10: Drei geeignete Zonen für die Katheterpositionierung: schematische
 Darstellung des Herzens und der großen Venen. In vivo können die
 Winkel der Venen eventuell spitzer sein. (Fletcher und Bodenham 2000)
- 6 – 11: Azygosmalposition bei intubierten Patienten: (a) + (b) selber intubierter
 Patient mit Azygosmalposition, in p.a. (a) und in Seitenaufnahme (b) mit
 Kontrastmittel – Abfluss in Azygosloge der Vena cava superior;
 (c) anderer Patient mit orthogonal getroffenen Katheter als Azygos-
 malposition.
- 6 – 12: Schematische Darstellung: Einthoven II Ableitung mittels Certodyn® -
 Universaladapter (B. Braun Melsungen AG, Media Service)
- 8 – 1: Häufigkeitsverteilung beider Geschlechter
- 8 – 2: Häufigkeitsverteilung beider Seiten
- 8 – 3: Häufigkeitsverteilung der Hauptdiagnosen (Hauptgruppen)
- 8 – 4: Häufigkeitsverteilung der verdauungstraktassoziierten Neoplasien
- 8 – 5: Häufigkeitsverteilung der HNO – Neoplasien
- 8 – 6: Häufigkeitsverteilung der gynäkologischen Neoplasien
- 8 – 7: Patientin mit ZVK via RIJV (RTBW = rechter tracheobronchialer Winkel,
 RHB = rechter Hauptbronchus, LHB = linker Hauptbronchus)
- 8 – 8: inverses Röntgenbild der Patientin mit ZVK via RIJV
- 8 – 9: Patientin mit ausgeprägter Kyphoskoliose
- 8 – 10: Patientin mit linksseitiger Totalatektase
- 8 – 11: Patientin mit ZVK via RIJV

- 8 – 12: Distanz zwischen RTBW und Katheterspitze bei einem ZVK via RIJV
- 8 – 13: Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand bei einem ZVK via RIJV
- 8 – 14: Patientin mit ZVK via LIJV
- 8 – 15: Abstand zwischen RTBW und Katheterspitze bei ZVL via LIJV
- 8 – 16: Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand bei einem ZVK via LIJV
- 9 – 1: Häufigkeitsverteilung der punktierten Gefäße
- 9 – 2a: Boxplot_ Distanz der Katheterspitze vom RTBW in mm
- 9 – 2b: Boxplot_ Winkel zwischen Katheterspitze und Cavawand in °
- 9 – 3: Gemessene Winkel (gesamt)
- 9 – 4: gemessene Winkel (links)
- 9 – 5: gemessene Winkel (rechts)
- 9 – 6: Winkel in ° - Boxplot für rechte und linke Seite
- 9 – 7: Distanz in mm – Boxplot für rechte und linke Seite
- 9 – 8: Hautnaht in cm - Boxplot für rechte und linke Seite
- 9 – 9: Verteilung der Seiten
- 9 – 10: Gewichtsentwicklung
- 9 – 11: Katheterdifferenz
- 9 – 12: Abstand (in mm) RTBW – Katheterspitze
- 9 – 13: Winkel (in °) zwischen Katheterspitze und Cavawand
- 9 – 14: Hautnaht (in cm)
- 9 – 15: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die definierten BMI - Klassen

14. Tabellenverzeichnis

- 6 – 1: Umrechnungstabelle INR – Quick vom Labor der Universitätsklinik Jena
 (Universitätsklinikum – Jena 2008)
- 8 – 1: Ein- und Ausschlusskriterien
- 8 – 2: Häufigkeitsverteilung der punktierten zentralen Venen
- 9 – 1: Patientendaten
- 9 – 2: Auswertung der Vorhersagen insgesamt
- 9 – 3: Auswertung der Vorhersagen für die rechte Seite
- 9 – 4: Auswertung der Vorhersagen für die linke Seite
- 9 – 5: Deskriptive Statistik der linken Seite
- 9 – 6: Deskriptive Statistik der rechten Seite
- 9 – 7: Einteilung Gewichtsklassen (Quelle WHO)
- 9 – 8: Verteilung der Patienten in die definierten BMI – Klassen
- 9 – 9: Verteilung der Patienten abhängig vom Winkel und BMI – Klasse
- 9 – 10: BMI Klassen aufgeteilt nach rechter und linker ZVK – Anlage

15. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Aitken DR, Minton JP. 1984. The "pinch – off sign": a warning of impending problems with permanent subclavian catheters. *Am J Surg*, 148:633 - 636.
- Andropoulos DB, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Bezold LI, Alvarez M, Fraser CD. 1999. A controlled study of transesophageal echocardiography to guide central venous catheter placement in congenital heart surgery patients. *Anesth Analg*, 89(1):65-70.
- Aslamy Z, Dewald CL, Heffner JE. 1998. MRI of central venous anatomy. Implications for central venous catheter insertion. *Chest*, 114:820 – 826.
- Aubaniac R. 1952. L'injection intraveineuse sous-claviculaire: avantages et technique. *Presse Médicale*, 60:1456.
- AWMF. 2001. Leitlinie: "Zentraler Venenkatheter". Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin <http://leitlinien.net/>
- Benter T. 2004. Ultraschall gestützte Katheteranlage – Langfristige zentral – venöse Zugänge und deren Komplikationsmanagement, Kapitel 3.1.1.10, Seite 56
- Benter T, Teichgraber UK, Kluhs L, Dörken B. 1999. Percutaneous central venous catheterization with lethal complication. *Int Care Med*, 25:1180 – 1182.
- Benter T, Teichgräber UK, Kluhs L, Papadopoulos S, Kohne CH, Felix R. 2001. Anatomical variations in the internal jugular veins of cancer patients affecting central venous access. Anatomical variation of the internal jugular vein. *Ultraschall Med*, 22:23 – 26.
- Bernard RW, Stahl WM. 1997. Subclavian vein catheterizations: a prospective study. Non infectious complications. *Ann Surg*, 173:184 – 190.
- Bjarnason H, Lehmann S. 1997. Central venous access. In: Castaneda - Zuniga WR, Tadavarthy SM (eds) *Interventional Radiology - methods*, Williams & Wilkins, Baltimore:941 - 965.
- Cajozzo M, Quintini G, Cocchiera G, Greco G, Vaglica R, Pezzano G, Barbera V, Modica G. 2004. Comparison of central venous catheterization with and without ultrasound guide. *Transfusion and Apheresis Science*, 31 (3):199-202.
- CDC. 2006. Guidelines for the Prevention of intravascular Catheter – related Infections (<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5110a1.htm>) besucht am 21.11.2006
- Chapman, Robinson, Stradling, West. 2005a. *Oxford Handbook of Respiratory Medicine - Pneumothorax*. pp 287 - 298
- Chapman, Robinson, Stradling, West. 2005b. *Oxford Handbook of Respiratory Medicine - Hämatothorax*. pp 314
- Chapman, Robinson, Stradling, West. 2005c. *Oxford Handbook of Respiratory Medicine - Chylothorax*. pp36 - 40
- Chu KS, Hsu JH, Wang SS, Tang CS, Cheng KI, Wang CK, Wu JR. 2004. Accurate central venous port-A catheter placement: intravenous electrocardiography and surface landmark techniques compared by using transesophageal echocardiography. *Anesth Analg*, 98(4):910-914
- Collier PE, Blocker SH, Graff DM, Doyle P. 1998. Cardiac tamponade from central venous catheters. *Am J Surg* 176:212 - 214.
- Coolignon P, Soni N, Pearson I, Sorell T, Woods P. 1988. Sepsis associated with central vein catheters in critically ill patients. *Int Care Med* 14:227 - 231.
- Curelaru I, Gustavsson B, Hultman E. 1984. Material thrombogenicity in central venous catheterization III. A comparison between soft polyvinylchloride and

- soft polyurethane elastomer, long, antebrachial catheters. *Acta Anaesth Scan*, 28:204-208.
- Daily RH. 1988. Late vascular perforations by CVP catheter tips. *J Emerg Med*, 6:137 – 140
- Doerfler M, Kaufman B, Goldenberg A. 1996. Central venous catheter placement in patients with disorders of hemostasis. *Chest*, 110 (1):185 - 188.
- Domino KB, Bowdle TA, Posner KL, Spitellie PH, Lee LA, Cheney FW. 2004. Injuries and liability related to central vascular catheters - a closed claims analysis. *Anesthesiology*, 100:1411-1418.
- Ducatman BS, McMichan JC, Edwards WD. 1985. Catheter-induced lesions of the right side of the heart. A one-year prospective study of 141 autopsies. *JAMA*, 253 (No. 6):791-795.
- Dunbar R, Mitchell R, Lavine M. 1981. Aberrant locations of central venous catheters. *Lancet*, 1:711-715.
- Duntley P, Siever J, Korwes ML, Harpel K, Heffer JE. 1992. Vascular erosion by central venous catheters. Clinical features and outcome. *Chest* 101:1633 – 1638.
- Einthoven W. 1903. Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogramms, zugleich eine Beurteilung der Anwendung des Capillarelektrometers in der Physiologie. *Pflüger Arch ges Physiol* 99:472 - 480.
- Engelhard D, Elishoov H, Strauss N, Naparstek E, Nagler A, Simhon A, Raveh D, Slavin S, Or R. 1996. Nosocomial coagulase – negative staphylococcal infections in bone marrow transplantation recipients with central vein catheters. A 5 – year prospective study. *Transplantation*, 61:430 - 434.
- Fätkenheuer G, Buchheidt D, Fuhr HG, Heußel G, Junghanß C, Karthaus M, Kellner O, Kern WV, Kisro J, Sezer O, Südhoff T, Szelényi H. 2001. Katheter - assoziierte Infektionen bei Patienten mit Neutropenie
- Fletcher SJ, Bodenham AR. 2000. Safe placement of central venous catheters: where should the tip of the catheter lie? *BR J Anaesth*, 85:188-191.
- Forauer AR, Brenner B, Haddard LF, Bocchini TP. 2000. Placement of hemodialysis catheters through dilated external jugular and collateral vein in patients with internal jugular vein occlusions. *AJR* 174:361-362.
- Forßmann, W. 1929. Die Sondierung des rechten Herzens. *Klin Wochenschr*, 8:2085 - 2087.
- Gladwin M, Slonim A, Landucci D, Gutierrez D, Cunnion R. 1999. Cannulation of the internal jugular vein: is postprocedural chest radiography always necessary? *Crit Care Med* 27 (9):1819 – 1823
- Gravenstein N, Blackshear R. 1991. In vitro evaluation of relative perforating potential of central venous catheters: Comparison of materials, selected models, number of lumens, and angles of incidence to simulated membrane. *J Clin Monit*, 7:1-6.
- Greene JN. 1996. Catheter – related complications of cancer therapy. *Infect Dis Clin North Am*, 10:255 – 295.
- Hales S. 1733. *Statical Essays: Containing Haemastatics; Or, An Account of some Hydraulic and Hydrostatical Experiments Made on the Blood and Blood-Vessels of Animals*, London. Erste Aufl.
- Hellerstein HK. 1949. Recording of intracavity potentials through single lumen, saline filled cardiac catheter. *Proc Soc Exp Med*, 71:58 - 60.
- Herrmann S. 2006. Vergleich verschiedener Verfahren zur Lagekontrolle zentralvenöser Katheter, Promotion

- Hinke DH, Stastny DAZ, Goodman LR, Quebbeman EJ, Kryzwda EA, Andris DA. 1990. Pinch off syndrome: a complication of implantable subcavian venous access devices. *Radiology*, 177:353 - 356.
- Kaufman JA, Greenfield AJ, Fitzpatrick GF. 1991. Transhepatic cannulation of the inferior vena cava. *J Vasc Interv Radiol*, 2:331 – 334.
- Kearns PJ, Coleman S, Wehner JH. 1996. Complications of long arm-catheters: a randomized trial of central vs peripheral tip location. *J Parenter Enteral Nutr*, 20(1):20-24.
- Lee DS, Kuhn J, Shaffer MJ. 1984. Migration of catheter tips of central venous catheters in seated patients. *Anaesth Analg*, 63:949 – 952
- Lokich J, Bothe AJ, Benotti P, Moore C. 1985. Complications and management of implanted venous access catheters. *J Clin Oncol*, 3:710 – 717.
- Luciani A, Clement O, Halimi P, Goudot D, Portier F, Bassot V, Luciani JA, Avan P, Fria G, Bonfils P. 2001. Catheter-related upper extremity deep venous thrombosis in cancer patients: a prospective study based on Doppler US. *Radiology*, 220(3):655-660.
- Mansfield PF, Hohn DC, Fornage BD, Gregurich MA, Ota DM. 1994. Complications and failures of subclavian vein catheterization. *N Engl J Med*, 33:1735 – 1738.
- Marouche A, Engelhardt W, Drüge G, Hartung E, Roewer N. 1998. EKG – Kontrolle zentralvenöser Katheter über den Seldinger – Führungsdraht: klinische und ökonomische Aspekte. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 33:114 - 117.
- McGee WT, Ackermann BL, Rouben LR, Prasad VM, Bandi V, Mallory DL. 1993. Accurate placement of central venous catheters: a prospective, randomized, multicenter trial. *Crit Care Med* 21:1118–1123.
- Michaelis G, Biscopig J. 1998. Entwicklung und derzeitiger Stand der elektrokardiografischen Lagekontrolle zentralvenöser Katheter. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 33:106 – 109.
- Michaelis G, Biscopig J, Hempemann G. 1988. Die Platzierung des zentralvenösen Katheters unter EKG – Kontrolle. *Anästhesiol Intensivmed*, 30:272 – 278.
- Mukau L, Talamini MA, Sitzmann JV. 1991. Risk factors for central venous catheter-related vascular erosions. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 15:513 – 516.
- Mumtaz H, Williams V, Hauer-Jensen M, Rowe M, Henry-Tillman R, Heaton K, Mancino A, Muldoon R, Klimberg S, Broadwater R, Westbrook K, Lang N. 2000. Central venous catheter placement in patients with disorders of hemostasis. *The American Journal of Surgery*, 180 (6):503 - 506.
- Ohki Y, Tabata M, Kuwashima M, Takeuchi H, Nako Y, Morikawa A. 2000. Ultrasonographic detection of very thin percutaneous central venous catheter in neonates. *Acta Paediatr* 89 (11):1381–1384
- Peres PW. 1990. Positioning central venous catheters--a prospective survey. *Anaesth Intensive Care*, 18(4):536-539.
- Pithie A, Soutar JS, Pennington CR. 1988. Catheter tip position in central vein thrombosis. *J Parenter Enteral Nutr*, 12(6):613-614.
- Poldermann KH, Girbes AR. 2000. Central venous catheter use. Part 1: mechanical complications. *Int Care Med*, 28:1 – 17
- Pottecher T, Forrlor M, Picardat P, Krause D, Bellocq JP, Otteni JC. 1984. Thrombogenicity of central venous catheters: prospective study of polyethylene, silicone and polyurethane catheters with phlebography or post-mortem examination. *Eur J Anaesthesiol*, 1:361–365.

- Puel V, Caudry M, LeMetayer P, Baste JC, Midy D, Marsault C, Maire JP. 1993. Superior vena cava thrombosis related to catheter malposition in cancer chemotherapy given through implanted ports. *Cancer*, 72 2248-2252.
- Raaf JH. 1994. Administration of chemotherapeutic agents. *Supportive Care in Cancer*, 2:335-346.
- Radke J. 1990. Platzierungskontrolle zentralvenöser Katheter mit Hilfe von Doppler Ultraschall. *Anaesthesist* 39:283–287
- Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. 1996. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters. A meta analysis of the literature. *Crit Care Med*, 24:2053 – 2058.
- Reed WP, Newman KA, Tenney JH, Schimpff SC. 1985. Autopsy findings after prolonged catheterization of the right atrium for chemotherapy in acute leukemia. *Surg Gynecol Obstet* 160 (5):417-420.
- Reynolds N, McCulloch A, Pennington C, MacFadyen R. 2001. Assessment of distal tip position of long-term central venous feeding catheters using transesophageal echocardiography. *J Parenter Enteral Nutr*, 25:39–41
- Robinson JF, Robinson WA, Cohn A, Garg K, Armstrong JD. 1995. Perforation of the great vessels during central venous line placement. *Arch Intern Med*, 155:1225 – 1228
- Roche-Lexikon. 2003. Halsdissektion, Lexikon der Medizin, 5. Auflage; © Urban & Fischer Verlag, München, S. 770 (> Halsdissektion)
- Schummer W. 2007. Optimierte Positionierung zentraler Venenkatheter mit Hilfe der EKG - Methode. Geschichte - Hintergründe - neue Erkenntnisse zu einer alten Methode. Friedrich - Schiller - Universität, Jena. Kapitel 4.1.3. Thrombose, Seiten 56 - 58.
- Schummer W, Schummer C, Fritz H. 2001. Perforation der Vena cava superior bei unbekannter Stenose – Fallbericht einer letalen Komplikation einer zentralvenösen Katheterisierung. *Anaesthesist*, 50:727 – 777.
- Schummer W, Schummer C, Schelenz C, Schmidt P, Fröber R, Hüttemann E. 2005. Modified ECG-guidance for optimal central venous catheter tip positioning. A transesophageal echocardiography controlled study. *Anaesthesist*, 54(10):983-990.
- Schummer W, Schummer C, Müller A, Steenbeck J, Fuchs J, Bredle D, Huettemann E. 2004. ECG – guided central venous catheter positioning: does it detect the pericardial reflection rather than the right atrium? *Eur J Anaesthesiol*, 21:600 - 605.
- Scott WL. 1988. Complications associated with central venous catheters. A survey. *Chest*, 94:1221-1224.
- Sculier JP, Feld R. 1985. Superior vena cava obstruction syndrome: recommendations for management. *Cancer Treat rev*, 12:209 – 218
- Seldinger SI. 1953. Catheter replacement of needle in percutaneous arteriography: new technique. *Acta Radiologica* 39:368.
- SPSS. 2005. SPSS 13.0 für Windows
- Teichgraber UK, Benter T, Gebel M, Manns MP. 1997. A sonographically guided technique for central venous access. *AJR*, 169:731 – 733.
- Tempe DK, Virmani S, Tomar AS, Datt V, Aggarwal N, Yadav S, Narang P, Minhas HS, Banerjee A. 2003. Atrial ECG as a guide to the placement of central venous catheter in patients undergoing Open Heart Surgery. *Ann Card Anaesth*, 6(1):35-41.
- Tocino IM, Watanabe A. 1986. Impending catheter perforation of superior Vena cava: radiographic recognition. *AJR*, 146:487 – 490

- Universitätsklinikum-Jena. 2008. Umrechnungstabelle INR-Quick (Labor Uni-Klinik Jena) - <http://www2.uni-jena.de/kim3/seiten/krankenversorgung/statinfo> (besucht am 24.06.2008)
- Wechsler RJ, Byrne KJ, Steiner RM. 1984. the misplaced thoracic venous catheter. detailed anatomical consideration. Crit Rev Diagn Imaging, 21:289-305.
- Wilson RG, Gaer JA. 1988. Right atrial electrocardiography in placement of central venous catheters. Lancet, 1:462 - 463.
- Xiang DZ, Verbeken EK, Lommel ATV, Stas M, Wever ID. 1998. Composition and formation of the sleeve enveloping a central venous catheter. J Vasc Surg, 28:260-271.

16. Lebenslauf

Name: Leitsmann

Geburtsname: John

Vorname: Jessica Sabina

Geburtsdatum: 09.12.1982

Geburtsort: Jena

Familienstand: verheiratet mit Dr. Roman Leitsmann, 3 Kinder

Mutter: Dr. Carina John
Oberärztin in der Klinik für Strahlentherapie in Gera

Vater: Dr. Matthias John
Praxis für Gynäkologie und Onkologie in Glauchau

Geschwister: Sebastian John
Student der Rechtswissenschaften seit 2006

Ausbildung: 1989 – Einschulung in die „Alexander – Matrossow – Schule“
(jetzt „Grundschule an der Ringwiese“, Jena)

1993 – „Ernst – Abbe – Gymnasium“, Jena

1995 – Schulwechsel aufgrund von Umzug: „Käthe – Kollwitz –
Gymnasium“ in Zwickau

2001 – Abitur am „Käthe – Kollwitz – Gymnasium“, Zwickau

2001 – 2008: Medizinstudium an der Friedrich – Schiller
Universität, Jena

seit 2008: Ärztin in Weiterbildung in der Frauenklinik des
SRH Waldklinikums Gera

März 2012,

Jessica Leitsmann

17. Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich sehr vielen Menschen einen herzlichen Dank.

An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Professor Dr. med. Konrad Reinhart für die freundliche Überlassung des Themas der Arbeit, daneben für die Unterstützung und Hilfe in allen medizinischen aber auch administrativen Fragen im Rahmen meiner Dissertation.

An zweiter Stelle möchte ich mich bei Herrn Privatdozent Dr. med. habil. Wolfram Schummer bedanken, denn Sie brachten mir sehr viel Geduld entgegen und sorgten mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit.

Ein großer Dank geht aber auch an meine radiologischen Kollegen Frau Dr. med. Christiane Marx und Herrn Privatdozent Dr. med. habil. Joachim Böttcher, denn die Zusammenarbeit mit ihnen war ein Meilenstein bei der Erstellung meiner Doktorarbeit. Sie gaben mir mit ihrem fundierten Fachwissen, ihren Ideen und ihrer Kritik viele Anregungen für meine Arbeit.

Ein besonderes Wort des Dankes möchte ich an meinen Ehemann Dr. rer. nat. Roman Leitsmann richten, ohne den ich niemals ein Licht am Ende der Doktorarbeit gesehen hätte. Er hat mich stets bestärkt, wenn ich an mir gezweifelt habe und mir die ganze Zeit den Rücken frei gehalten.

Des Weiteren möchte ich mich natürlich gern von Herzen bei meinen Eltern Dr. med. Carina und Dr. med. Matthias John bedanken, ohne die ein Studium und eine Doktorarbeit niemals möglich geworden wären. Vielen Dank für die fortlaufenden Ermutigungen zum Fertigstellen der Doktorarbeit.

Außerdem danke ich meinem Bruder Sebastian und seiner Freundin Carina für die Unterstützung und das mehrfache Korrekturlesen.

Auch möchte ich mich bei meinen vielen lieben Freunden bedanken, die mich nicht nur tatkräftig unterstützt haben, sondern mich stets aufbauten und für die erforderliche Abwechslung sorgten: Andreas, Basti, Katharina, Klaus, Ronny, Stefan, Steffi und Sven

Vielen Dank an alle.

18. Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass

- mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich–Schiller–Universität bekannt ist,
- ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönliche Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,
- mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials, sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:
Prof. Dr. med. K. Reinhart, PD Dr. med. W. Schummer, Frau Dr. Marx,
PD Dr. med. habil. Böttcher
- die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde
- Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistung von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,
- ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe
- und ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung bei einer anderen Hochschule nicht als Dissertation eingereicht habe.

Zwickau, den 26.3.2012

Jessica Leitsmann, Verfasserin